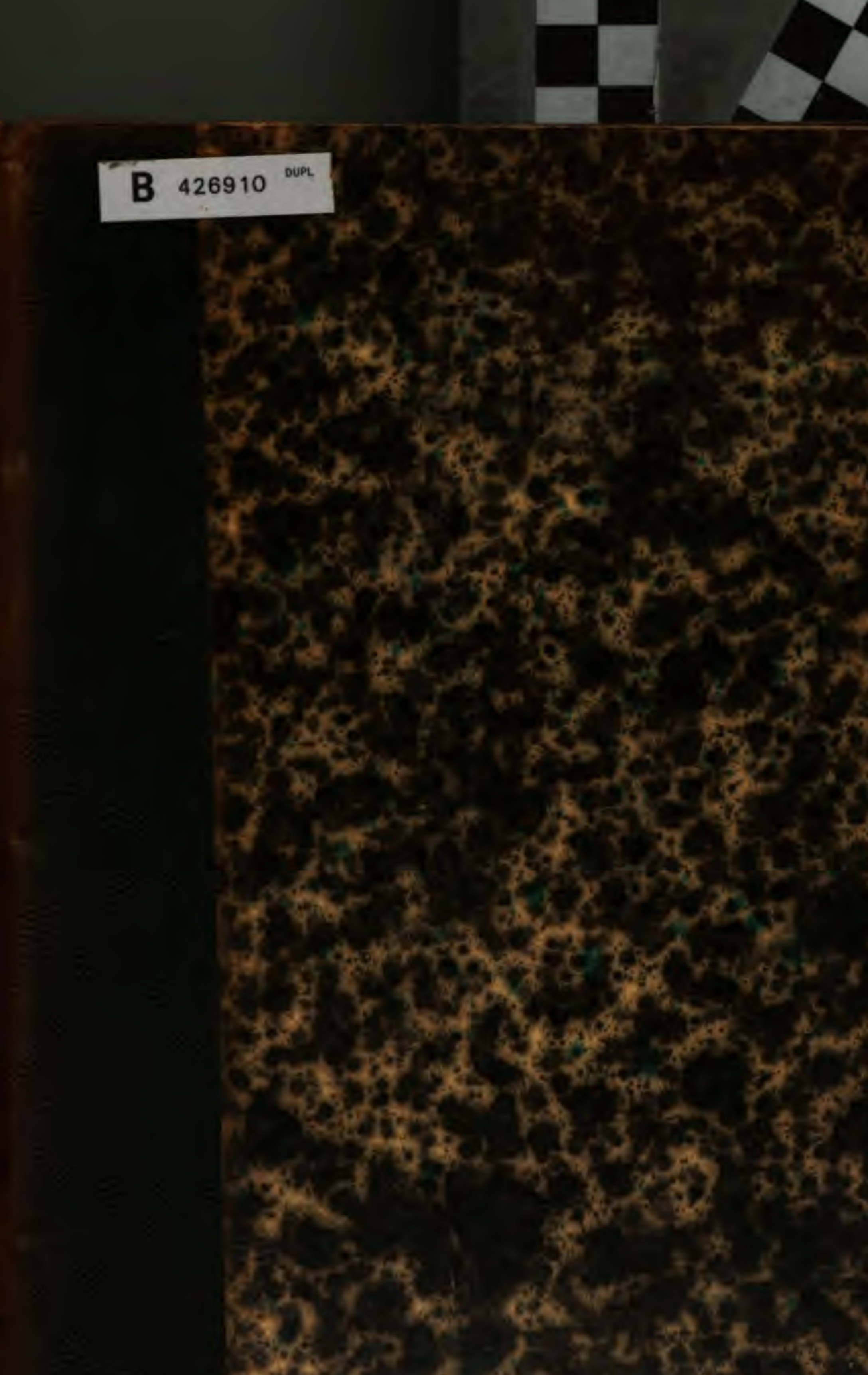
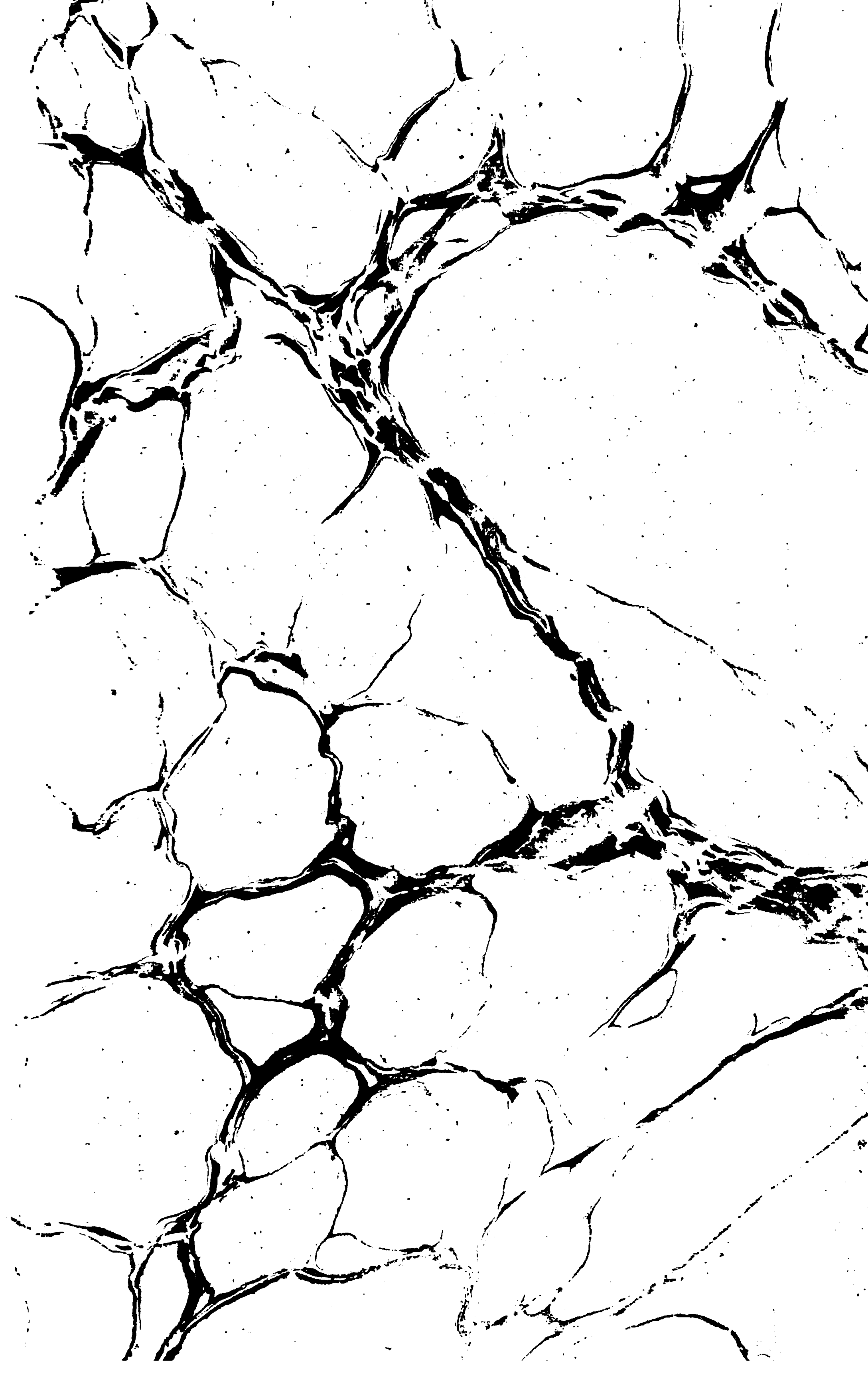

B 426910 DUPL


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1904

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1904

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1904

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1904

N° 1.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de janvier 1904, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Couturier (A.). — *Les engrais potassiques. Leur application rationnelle en agriculture*, par A. Couturier (in-8°, 210 × 135 de 94 p. avec 30 fig.). Paris, F.-R. de Rudeval; Lille, Le Bigot frères (Don de l'éditeur). 43068

Guarini (É.). — *État actuel du labourage électrique*, par Émile Guarini (Extrait du Journal Le Génie Civil) (in-8°, 240 × 155 de 16 p. avec 6 fig.). Bruxelles, Ramlot frères et sœurs, 1903 (Don de l'auteur). 43053

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages. N° 13. Tokyô 1903 (in-8°, 255 × 180 de 142 p.). Tokyô, 1903. 43045

Chemins de fer et Tramways.

Ninth Annual Report of the Boston Transit Commission for the year ending June 30, 1903 (in-8°, 235 × 145 de 93 p. avec 18 pl.). Boston, Rockwell and Churchill Press, 1903. 43062

Statistique des Chemins de fer français au 31 décembre 1901. Documents divers. Première partie. Intérêt général, France, Algérie et Tunisie (Ministère des Travaux publics. Direction des chemins de fer) (in-4°, 305 × 230 de 400 p.). Melun, Imprimerie administrative, 1903. (Don du Ministère des Travaux publics). 43059

Chimie.

CARNOT (A.). — *Traité d'analyse des substances minérales*, par Adolphe Carnot. *Tome second. Métalloïdes* (in-8°, 255 × 165 de 823 p. avec 79 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43030

Construction des Machines.

HALBERTSMA (H.-P.-N.). — *Das Wasserverk der Stadt Tilburg, insbesondere dessen Brunnen-und Heberrohr-Anlagen*, von H.-P.-N. Halbertsma (in-8°, 260 × 185 de 21 p. avec 3 pl.) (Sonderabdruck aus Verhandlungen des Deutschen Vereins von Gas-u. Wasserfachmännern). München, R. Oldenbourg (Don de l'auteur, M. de la S.). 43044

Éclairage.

Guide-Annuaire des Industries : Gaz, Eaux, Électricité. Neuvième année, 1903. Édité par le Journal Revue Gaz et Electricité, 42, rue de Maubeuge à Paris. Directeur Émile Fleury (in-8°, 220 × 135 de 590 p.). Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1903. 43040

Économie politique et sociale.

Consular Reform and Commercial Expansion. Endorsements of the Ledge Bill or a similar Bill for the Reorganization of the Consular Service of the United States by prominent Manufacturers, Merchants, Bankers, Éducations, Commercial Organization and the Press. Issued by the National Business League (non-partisan) Chicago 1904 (in-8°, 230 × 150 de 100 p.). Chicago, National Business League, 1904 (Don du National Business League). 43033

Notice sur la participation aux bénéfices dans l'atelier de serrurerie de L. Royer. Novembre 1903 (in-8°, 240 × 155 de 22 p. avec 2 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903 (Don de M. L. Royer, M. de la S.). 43036

Électricité.

ROEDDER (O.-C.). — *Die Elektrotechnischen Einrichtungen moderner Schiffe*, von O.-C. Roedder (in-8°, 275 × 185 de xx-346 p. avec 222 fig. et 2 pl.). Wiesbaden, C. W. Kreidel's Verlag, 1903 (Don de l'éditeur). 43054

Enseignement.

R. Università Romana. Scuola d'applicazione per gl'Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1903-1904 (in-32, 140 × 100 de 139 p.). Roma, Tip dell' Unione cooperativa editrice, 1903. 43041

Géologie.

LALLEMAND (Ch.). — *Volcans et tremblements de terre. Leurs relations avec la figure du globe*, par Ch. Lallemand (Extrait de la Revue Scientifique du 25 avril 1903) (in-8°, 225 × 140 de 21 p.). Paris, Éditions de la Revue Bleue et de la Revue Scientifique (Don de l'auteur). 43069

Législation.

American Institute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. November, 1, 1903 (in-8°, 225 × 150 de 139 p.). 43066

Association amicale des Élèves de l'École Nationale supérieure des Mines. 39e Annuaire arrêté au 1er novembre 1903 (1903-1904) (in-8°, 240 × 155 de 224 p.). Paris, Siège social. 43042

Società degli Ingegneri, Architetti ed Industriali in Napoli. Regolamento interno 1903. Statuto, 1903 (2 br. in-8°, 210 × 155 de 28 p. et de 13 p.). Napoli, Gennaro Salvati, 1903. 43034 et 43035

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Maladies professionnelles. Étude technique sur leur assimilation aux accidents du travail (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Commission d'hygiène industrielle) (in-8°, 235 × 155 de 147 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43038

Métallurgie et Mines.

BOITEUX (J.). — *Notes sur la fonderie de fer*, par Jules Boiteux (in-8°, 245 × 160 de 83 p. avec figures, planches, tables et tableaux). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 43050

GRUNER (L.). — *Traité de Métallurgie*, par M. L. Gruner. *Première partie. Métallurgie générale. Tome premier. Agents et Appareils métallurgiques. Principes de la combustion. Tome second. Première partie. Procédés métallurgiques. Chauffage et fusion. Grillage, affinage et réduction* (2 vol. in-8°, 245 × 155 de VII-529 p. et de VII-432 p. avec atlas 390 × 580 de 41 pl.). Paris, Dunod, 1875, 1878. 43027 à 43029

LEDEBUR (A.), BARBARY DE LANGLADE, VALTON (F.). — *Manuel théorique et pratique de la Métallurgie du fer*, par A. Ledebur. Traduit de l'allemand par Barbary de Langlade. Revu et annoté par F. Valton. *Deuxième édition française entièrement refondue d'après les troisième et quatrième éditions allemandes. Tome premier et Tome second* (2 vol. in-8°, 245 × 155 de VIII-626 p. et de 753 p. avec 404 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'éditeur). 43071 et 43072

MALISSARD-TAZA (P.). — *Communication sur le Matériel de mine à l'Exposition de Düsseldorf*, par P. Malissard-Taza (Société de l'Industrie minérale. District du Nord. Réunion du 16 janvier 1903 à Douai (Nord), (in-4°, 270 × 220 de 24 p. avec 10 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43023

MALISSARD-TAZA (P.). — *Communication sur les Appareils d'embarquement des houilles et minerais*, par P. Malissard-Taza. IIe Congrès national des Travaux publics à Paris du 9 au 13 février 1903 (Forges et Ateliers de Construction P. Malissard-Taza, à Anzin (Nord) (in-4°, 275 × 215 de 12 p. avec 5 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43052

MALISSARD-TAZA (P.). — *Installation de la fosse d'Arenberg de la Compagnie des Mines d'Anzin* (Forges et Ateliers de Construction de P. Malissard-Taza, à Anzin (Nord) (une feuille 175 × 260 de 2 p. avec 2 pl. et 1 photog.). Paris, L. Courtier, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43024

SCOTT (H.-K.). — *The Mineral Resources of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. A Paper read before the Institution of Mining Engineers*, by H. Kilburn Scott. *General Meeting at London July 2 nd 1903* (Excerpt from the Transactions of the Institution of Mining Engineers. Vol. XXV. 1902-1903) (in-8°, 245 × 155 de 20 p. avec 1 pl.) London and Newcastle upon Tyne, Andrew Reid and C° (Don de l'auteur, M. de la S.). 43064

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

IXe Congrès international de navigation tenu à Düsseldorf en 1902. Rapports des Délégués français sur les travaux du Congrès (Ministère des Travaux publics) (Extrait des Annales des Ponts et Chaussées 1er et 2e trimestre 1903) (in-8°, 255 × 165 de 390 p. avec 14 pl.). Paris, E. Bernard (Don de M. Quinette de Rochemont). 43060

FARGUE. — *Hydraulique fluviale. Vérification théorique des lois empiriques relatives à la forme du lit des rivières navigables à fond mobile.* Note de M. Fargue (in-8°, 240 × 155 de 23 p. avec 10 fig.) (Extrait des Annales des Pont et Chaussées. 2e trimestre 1903). Paris, E. Bernard (Don de l'auteur). 43043

LECOMTE-DENIS (M.). — *Utilisation pratique et complète d'une chute d'eau pour tous les services d'une exploitation minière*, par Maurice Lecomte-Denis (La Houille blanche et l'Art des Mines) (in-8°, 240 × 160 de 94 p. avec 46 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod (Don de l'éditeur). 43058

QUINETTE DE ROCHEMONT (Bon) ET VÉTILLART (H.). — *Les ports maritimes de l'Amérique du Nord sur l'Atlantique*, par le Baron Quinette de Rochemont et H. Vétillart. *III. Les ports des États-Unis* in-8°, 245 × 155 de 607 p. avec atlas 380 × 570 de 48 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43031 et 43032

Physique.

CHIPART (H.). — *La théorie gyrostatique de la lumière*, par H. Chipart (in-8°, 250 × 165 de 193 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1904 (Don de l'éditeur). 43051

POLIAKOVE (V.). — *Tsentralinoe ghorodskoe otoplenie ve Drezdexié* ve V. Poliakove (in-8°, 255 × 165 de 36 p. avec 18 fig.). Saint-Pétersbourg, 1903 (Don de M. A. Mallet de la part de l'auteur, M. de la S.). 43039

Sciences mathématiques.

GOUDIN (J.-B.). — *Théorie simple et rationnelle des voûtes, avec nombreuses applications*, par J.-B. Goudin (in-8°, 225 × 140 de 102 p. avec 1 pl.) (Extrait des Annales des Chemins vicinaux. Nos de janvier, mars, avril et mai 1903). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 (Don de l'éditeur). 43049

Réunion des Membres français et belges de l'Association internationale des méthodes d'essais. Procès-verbaux des séances de l'année 1903, Angers, Imprimerie A. Burdin et Cie. 43037

RUFF. — *Auskunfstbuch für statische Berechnungen (Schnellstatiker)*, von Ruff (in-8°, 190 × 125 de 144 p. avec 146 fig.). Leipzig, K.-F. Koehler (Don de l'auteur). 43065

Sciences morales. — Divers.

CHÉLU BEY (A.). — *Mariette Pacha. Sa statue au Caire*, par A. Chélu Bey (in-4°, 285 × 215 de 72 p. avec 2 pl.). Le Caire, Imprimerie nationale, 1901 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43053

Technologie générale.

Anales de la Asociación de Ingenieros y Arquitectos de Mexico. Tome XI (in-8°, 235 × 170 de 316 p. avec fig., pl. et phot.). Mexico, Oficina Tip. de la Secretaria de Fomento; 1903. 43070

Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, publiées par les Professeurs *3e série. Tome IV* (in-8°, 230 × 140 de 286 p. avec 107 fig. et 15 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1902. 43026

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other selected and abstracted Papers. Vol. CLIV (in-8°, 215 × 140 de VII-512 p. avec 11 pl.). London, Published by the Institution, 1903. 43046

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Supplement to vol CLIV. Engineering Conference 1903 (in-8°, 215 × 140 de IV-188 p.). London, Published by the Institution, 1903. 43047

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Subject-Index Vols. CLI-CLIV. Session 1902-1903 (in-8°, 215 × 140 de 30 p.). London, William Clowes and Sons. 43048

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re partie. Mémoires et documents. 73e année, 8e série. Tome X. 1903. 2e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 385 p. avec pl. 14 à 27). Paris, E. Bernard. 43056

Annuaire d'adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux publics, des Chemins de fer, de la Navigation, des Mines, de l'Industrie et des Banques, par MM. Lemoine, Marande et Moreau, *1904* (in-12, 180 × 110 de 419 p.). Paris, au Bureau des Huissiers du Cabinet du Ministre. 43025

Annuaire des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines. Personnel des Travaux publics 1904. Cinquante-huitième édition. (Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées 58e année. N° 23. Décembre 1903) (in-8°, 215 × 140 de 320 p.). Paris, Paul Dupont. 43057

GAUDARD (J.). — *Programme d'un cours sur les ponts mobiles,* par J. Gaudard (Extrait du Bulletin technique de la Suisse Romande des 10 et 25 décembre 1903) (in-4°, 315 × 235 de 16 p.). Lausanne, F. Rouge et Cie, 1903. (Don de l'auteur). 43067

MIGNARD (R.) ET CORDEAU (A.-L.). — *Guide des Constructeurs. Traité complet des connaissances relatives aux constructeurs,* par R. Mignard, *7e édition. Charpente en bois et menuiserie,* par A.-L. Cordeau (in-8°, 325 × 250 de 516 p. avec 1.021 fig.). Paris, Imprimerie Centrale des Beaux-Arts, Émile Levy. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43055

Voies et Moyens de communication et de transport.

Annuaire de la traction : Automobiles, cycles, chemins de fer, tramways et les industries qui s'y rattachent. 5e année 1904 (in-8°, 215 × 135 de 517 p.). Paris, Imprimerie de la Seine. 43061

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1904, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

L. Ch. de Bovée, présenté par MM. E. Lippmann, J. Dubois, Jaunet.
A. Cambon, — Henry, Lombard, Péchiney.
F. Crestin, — Combe, de Nansouty, de Mestral.
E.-J. Defournel, — Bouvier, Cornier, Ribal.
A.-A. Flachet, — Bodin, Couriot, Coiseau.
H.-L. Ganeval, — Bourdon, Lassaux, Robert.
M.-L. de la Haye Duponsel, Duplaix, Faure-Beaulieu, Neveu.
P. Kestner, — Lalance, Parent, Witz.
L.-A. Lelièvre, — Belmère, Chevillard, Robelet.
S. Léon, — Bodin, Canet, Cornuault.
L.-O. Weil, — Couriot, Chardon, Lavezzari.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

R.-A.-Ch. Esnault-Pelterie, présenté par MM. Loreau, Esnault-Pelterie, Dibos.
H.-L.-J. Piard, — Besson, Croisier, Thomine.
G. Rivière, — Brüll, Couriot, Gallois.

Comme Membre Associé, M. :

Ch.-E. Pawly, présenté par MM. Aubry, Drouin, Gourgoulin.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1904

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 8 JANVIER 1904

I

PRÉSIDENCE DE M. P. BODIN, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

M. P. BODIN, Président sortant, prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

La cinquante-sixième année d'existence de notre Société s'achève, et ma présidence prend fin.

Une excellente tradition m'invite à suspendre un instant le cours de nos études pour embrasser d'une vue générale l'exercice écoulé, ses travaux et ses événements.

Je m'y conforme avec plaisir, heureux de vous rendre compte du mandat que vous m'avez confié et de vous faire connaitre ainsi l'année entière, ce qu'elle nous enlève, ce qu'elle nous laisse, ce qu'elle nous apporte.

La liste des collègues que nous avons perdus au cours de cette année est particulièrement longue. Elle comprend soixante-douze décès, chiffre qui jamais encore n'avait été atteint. C'est un devoir pour moi de rappeler leurs noms :

Membres Honoraires : MM. W.-H. Barlow, V. Herzenstein.

Membres Sociétaires ou Associés : MM. F.-M.-A. Alavoine, J.-C. Baudot, L.-C.-A. Benouville, P. Billaud, M.-A. Biver, E. de Boischevalier, N.-G. Boucher, P.-E.-F. Bougarel, G.-F. Boutmy, F.-G. Bramwell, O. Brémond, H.-Ch. Bunel, E.-T. Carter, E. Cartier, D.-A. Casalonga, A. Champouillon, Ch.-E. Chaperon, G. de Chasseloup-Laubat, S. Deniel,

D. Dorian, A.-D. Dujardin, E. Enfer, M.-P.-M. Fauquier, P.-P. Faure, L.-H. Féret, E.-A. Fuertes, A. Gabelle, M.-M.-E. Gauthey, A. George, J.-F.-L. Gillot, J.-J.-S. Giraud, H. Guasco, A.-M.-J. Guéguen, H.-F. Herpin, J. van Heurn, O. Houbigant, M. Jouffret, J.-P.-G. Lamboi, L.-P. Landry, D.-E. Lanore, L. Laporte, H.-P.-L. Lasne, J.-G.-A.-D. Le Bris, R.-M.-J. Le Garrec, J. Lopes d'Almeida, V. Marchal, P. Maunoury, Ch. Monchot, L.-H.-C. Morin, Ch. Parmentier, H. Paur, E. Peigné, A. Perregaux, M.-A. Petiet, L. Pile, L.-A.-B. de Quillacq, G. Rocour, J. Rütgers, Ch.-A. Saint-James, I. Schoenstein, L. Secrétant, E.-F. Simon, E. Stœckel, R.-H. Thurston, P.-M.-G. Tiquet, M. de Vautheleret, H.-L. Vuigner, N.-F. Vuillaume, P. Wallerstein, E. Woods.

Nous adressons à ces Collègues regrettés un souvenir ému en dernier hommage, et nous déplorons ces pertes, douloureuses par leur qualité comme par leur nombre.

Elles ont fortement éprouvé notre effectif, qui ne s'élève aujourd'hui qu'à 3 641 membres. Les 151 admissions de l'année compensent à peine ces décès, auxquels s'ajoutent les radiations prononcées en fin d'année 1902. Il convient donc d'augmenter notre recrutement : à cela, Messieurs, nous devons nous efforcer par une action personnelle.

Les comptes que vous avez approuvés le mois dernier font ressortir que l'augmentation de l'avoir de notre Société a été de 18 227,65 *f* pendant le cours de l'exercice. En vous indiquant ce chiffre, notre Trésorier ajoutait que cette augmentation est à peu près égale à la moyenne des augmentations annuelles depuis une certaine période, et que notre situation financière est satisfaisante. J'adresse à M. de Chasseloup-Laubat, notre dévoué Trésorier, de vifs remerciements pour le soin qu'il met à la gestion de nos finances; la Société entière lui en est reconnaissante et le témoigne chaque année en lui conservant ses fonctions par des suffrages unanimes. *(Vifs applaudissements.)*

Nous avons reçu, cette année, les dons suivants :

25 *f* de M. Duchesne, 39 *f* de M. Macdonald, 425 *f* de M. Audemar, 3 000 *f* de M. Augustin Normand, deux obligations de notre Société de Mme Vve Durand, quatre coupons de l'emprunt de Mme Vve Monchot.

Nous renouvelons nos meilleurs remerciements à ces généreux donateurs. Rappelons, en outre, le legs de M. Hunebelle, non encore réalisé, dont le montant est de 30 000 *f*.

Je suis heureux de constater que, cette année encore, de nombreux Sociétaires ont été l'objet de distinctions diverses. L'énumération de ces décorations, prix, récompenses ou nominations, dont la longueur est flatteuse pour notre Société, est annexée au procès-verbal de cette séance (1). Nous y relevons :

1 Commandeur de la Légion d'honneur; 4 Officiers de la Légion d'honneur ; 20 Chevaliers de la Légion d'honneur.

11 Officiers de l'Instruction publique; 26 Officiers d'Académie.

(1) Voir page 46 et suivantes.

3 Commandeurs du Mérite agricole ; 3 Officiers du Mérite agricole ; 16 Chevaliers du Mérite agricole.

18 décorations étrangères.

De plus, nous rappelons avec plaisir l'entrée de M. Doniol au Conseil de l'Ordre National de la Légion d'honneur, et la nomination de M. Bertin comme Membre de l'Académie des Sciences.

Notre Société a décerné en 1903 :

Le Prix Annuel à M. M. Dibos, pour ses études sur *le sauvetage et le renflouage des navires naufragés ;*

Le Prix Gottschalk, à M. M. Pelletier, pour ses travaux sur *l'application des tiroirs cylindriques aux locomotives compound ;*

Le Prix Nozo, à M. A Gouvy, pour les nombreux travaux et études qu'il nous a présentés depuis trois ans sur *la question de la métallurgie.*

Nous avons été heureux de témoigner ainsi l'intérêt que nous prenons aux savants travaux de nos Collègues.

Les séances de l'année ont été très remplies ; cependant, nous n'avons pu entendre toutes les communications qui nous ont été proposées et, dès aujourd'hui, l'ordre du jour des séances futures est assuré pour plusieurs mois. Cette affluence de communications prouve l'activité et la vitalité de notre Société, et combien sa tribune est recherchée.

Il est intéressant de passer en revue, par sections, les travaux qui ont fait l'objet, cette année, de communications ou de mémoires.

Ire SECTION

Travaux publics, Chemins de fer, Navigation.

M. F. Arnodin, *Note sur les câbles témoins.* Observations de M. A. Loreau.

M. H. Laurain, *Renseignements sur l'Exposition de Saint-Louis en 1904.*

M. G. Trélat, *Le Génie Civil à l'Exposition de Saint-Louis.*

M. J. Bénard, *Les Phares du sud de la Mer Rouge et leur installation.* Observations de M. Quinette de Rochemont.

IIe SECTION

Mécanique et ses Applications.

M. A. Gouilly, *Définition des phénomènes. Application de la mécanique des systèmes matériels.*

M. Ch. Compère, *Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf.* Lettre de M. Desrumeaux.

M. C. Canovetti, *Recherches et expériences sur la résistance de l'air.* Observations de M. R. Soreau.

M. P. Arrachart, *Quelques progrès récemment réalisés dans les machines à vapeur.* Observations de MM. D.-A. Casalonga, L. Laborde et M. Pelletier.

M. J. Garnier, *Moteur à gaz et récupération des calories actuellement perdues.*

M. J. Pérard, *De l'emploi des moteurs à pétrole à bord des bateaux de pêche.*

M. M. Dibos, *Sondages de l'atmosphère pour la traversée du Sahara en ballon.*

M. G. Lesourd, *Frein électromagnétique Westinghouse.* Observations de M. Cahen-Strauss, P. Regnard et A. Hillairet.

M. A. Bochet, *Application des moteurs à pétrole à la navigation.*

M. A. Montupet, *Études sur la circulation de l'eau dans les chaudières à vapeur.* Observations de MM. Grille et Lencauchez.

M. R. Soreau, *Procédé rapide de détermination des charges remorquées par les locomotives.*

M. A. Mallet, *Visite aux ateliers de Denain de la Société française de Constructions mécaniques.*

M. L. Turgan, *Voitures automotrices de chemin de fer à vapeur et à pétrole.*

M. R.-V. Picou, *Régulation des moteurs appliqués à la commande des machines dynamo-électriques.*

IIIe SECTION

Mines et Métallurgie.

M. A. Gouvy, *État actuel des industries du fer et de l'acier dans les provinces du Rhin et de la Westphalie.* Observations de M. H. Couriot.

M. A. de Gennes, *Exploitation des carrières aux États-Unis.* Observations de MM. H. Couriot et P. Rouget.

M. Ch. Vattier, *Exposé des dernières expériences industrielles électro-métallurgiques pour la fonte de minerai de cuivre dans les fours électriques realisés en France.*

M. M. Métayer, *Les progrès de la sidérurgie allemande et l'Exposition de Dusseldorf en 1902.*

M. A. Salguès, *Électro-métallurgie du zinc.* Observations de M. H. Couriot.

M. L. Guillet, *La métallographie microscopique et son utilisation comme méthode d'essais.*

M. A. de Gennes, *Broyeurs à vilebrequins Clérot.*

M. P. Machavoine, *Considérations générales sur la préparation mécanique des minerais.*

M. H. Lenicque, *Nouvelle théorie chimique de la formation des roches terrestres.* Observations de MM. J. Bergeron et L. Guillet.

M. I.-M. Bel, *Voyage minier au N.-O. canadien.*

IVe SECTION

Physique et Chimie industrielles.

M. le Docteur Desgrez, *Régénération de l'air dans les milieux irrespirables*. Observations de MM. G. Anthoni, A. Maury, H. Couriot et H. Limousin.

M. le Commandant Mahan, *le Dessinateur universel*. Observations de MM. A. de Gennes, D.-A. Casalonga et P. Bodin.

M. E. Cacheux, *les Habitations à bon marché en France et à l'Étranger*.

M. J. Garnier, *Procédé pour obturer les fissures d'un cylindre de fonte*. Observation de MM. G. Chauveau et D.-A. Casalonga.

M. P. Besson, *Le radium. La radioactivité. Hypothèses*. Lettre de M. D.-A. Casalonga.

M. Ch. Lallemand, *Réponse aux questions transmises par la Chambre américaine de Paris, au sujet de l'adoption du système métrique aux États-Unis*. Observations de MM. F. Kimbel, Ed. Simon, Ed. Sauvage, R. Soreau, Mascart, P. Chalon, E. Hospitalier, Ch.-Ed. Guillaume, Ct Bourgeois, Ct Mahan, Cheysson et P. Bodin.

M. L. Sekutowicz, *Recherches sur la transmission de la chaleur dans les appareils d'évaporation à multiple effet*.

M. J. Deschamps, *Nouveau gazogène à flamme renversée*.

M. H. Chevalier, *Les anciennes charrues de Grèce et d'Italie*.

M. F. Bourdil, *Acétylène dissous et ses principales applications*.

M. M. Otto, *Progrès récents réalisés dans l'industrie de l'ozone*. Observations de MM. X. Gosselin et L. Guillet.

M. M. Deprez, *Transmission de la chaleur des gaz aux parois métalliques*.

M. J. Hignette, *Note sur les machines frigorifiques à affinité*.

Ve SECTION

Électricité.

M. E. Hospitalier, *Sur l'observation et l'enregistrement de phenomènes périodiquement et rapidement variables*. Lettre de M. L. Laborde.

M. O. de Rochefort-Luçay, *la Dactyle électrique*. Observations de MM. P. Regnard et Jacqmin. Lettre de M. M. Wehrlin.

M. E. de Marchena, *Applications de l'électricité à la distribution de la force motrice dans les ateliers et diverses exploitations industrielles*. Observations de M. Saint-Martin.

M. J. de Traz, *la Traction électrique et les trains à unités multiples*. Observations de MM. J. Charton et Ch. Baudry.

M. L. Sekutowicz, *Étude sur la crise subie par l'industrie électrique. en Allemagne, en 1901-1902 et sa consolidation en 1903*.

A ces travaux, il convient d'ajouter la *Chronique* et les *Comptes rendus* mensuels composés par notre Collègue M. A. Mallet, avec autant de soin que de savoir et que, tous, nous apprécions vivement.

Je n'ai pu faire un choix entre ces communications et les discussions qu'elles ont amenées. Chacune mériterait, par sa valeur et son intérêt, un éloge particulier. Pour n'être pas entraîné hors du cadre de ce compte rendu, je me borne à réunir tous nos orateurs dans un même remerciement.

Parmi ces communications, il en est une cependant dont il convient de rappeler la portée internationale. Lorsque la Chambre de Commerce américaine de Paris, souhaitant l'adoption du système métrique aux États-Unis, a recherché des arguments en faveur de ce système, c'est à la Société des Ingénieurs Civils de France qu'elle s'est adressée. Nous avons constaté de la sorte, une fois de plus, en quelle estime nos travaux sont tenus à l'étranger, et quelle autorité l'on attache à nos discussions.

Si rapide qu'ait été l'énumération de nos travaux, elle suffit à montrer, par le nom des conférenciers et l'énoncé des matières traitées, que, cette année encore, nos séances ont été utiles à la fois au progrès de la Science et au renom de notre Société. Nous devons donc nous féliciter d'avoir laissé libre l'accès de la tribune, et d'avoir impartialement accueilli toutes les communications qui ne touchent que la Science ou les progrès industriels.

L'année a été laborieuse et profitable. Je suis heureux de remercier aujourd'hui tous ceux qui m'ont aidé à la rendre telle, et de citer à leur tête les membres du Bureau et du Comité, dont le concours éclairé ne m'a jamais fait défaut. Je remercie également notre Secrétaire Administratif, M. de Dax, dont nous aimons à reconnaître chaque année l'ordre, l'activité et le dévouement. *(Applaudissements.)*

Nous voyons donc que notre Société s'est maintenue en pleine prospérité. Un événement important vient de lui donner un nouvel élan : L'application des Statuts modifiés, qui ont été approuvés, en septembre dernier, par décret présidentiel. Son premier effet vient de réussir au-delà de toute espérance, et les élections de fin d'année, par de nombreuses voix venues du monde entier, ont fait entrer au Comité des noms les plus autorisés de la science et de l'industrie.

Dans son cadre transformé, sous une direction rendue plus stable par la nomination anticipée, en quelque sorte, du Président, le Comité va maintenant, mieux adapté aux besoins actuels, rendre plus fructueux le travail de notre Société, et accroître l'étendue de son influence. Et cette transformation prendra toute l'allure d'une Renaissance. *(Vifs applaudissements).*

Se tournant vers M. H. Couriot, nouveau Président :

Mon cher Collègue,

C'est avec le plus grand plaisir que je vous souhaite la bienvenue à la Présidence de la Société.

Je n'ai pas à vous dire la grande sympathie dont vous serez entouré : les nombreux suffrages qui vous ont élu en témoignent assez.

A l'École Centrale — où nous sommes Collègues depuis bien des années déjà — votre personne est, à l'égal d'ici, tenue en haute estime, et votre parole, très écoutée dans nos Conseils, fait autorité en matière d'exploitation des mines.

Partout ailleurs la même valeur vous est reconnue et chacun de vos titres en est une preuve.

L'École des Hautes Études Commerciales et l'École spéciale d'Architecture ont eu la bonne fortune de vous compter parmi leurs professeurs et s'en félicitent. Le Gouvernement vous a appelé au Conseil Supérieur de l'Enseignement technique, ainsi qu'à sa Commission permanente, et vous a nommé Membre de Conseils, Comités et Commissions. Dans le milieu industriel, vous faites partie du Bureau du Comité des Houillères de France, vous êtes Président et Administrateur-délégué de plusieurs Sociétés minières.

Le titre de Président de notre Société, qui s'ajoute à tant d'autres, les souligne et les couronne.

Et notre Société acquiert en vous plus qu'un industriel éclairé et qu'un savant professeur : elle met à sa tête un de ses membres qui l'aiment et la connaissent le plus. Depuis quinze années membre du Comité, dont huit en qualité de Trésorier, mieux que personne vous savez son organisation financière, ses travaux, son but, ses traditions,

Je vous cède ce fauteuil, mon cher Président, et c'est en toute confiance que je vous remets la direction de la Société. *(Applaudissements prolongés.)*

M. H. Couriot, nouveau Président, après avoir serré la main de M. P. Bodin, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Mon cher Président,

C'est avec une émotion bien vive et sincère que je viens d'entendre les paroles, beaucoup trop élogieuses, que vous avez formulées à mon adresse; les termes vous en ont été assurément dictés par les sentiments d'amitié qui, depuis si longtemps, nous unissent et qui vous ont fait apprécier ma carrière avec trop d'indulgence; c'est, j'en suis certain, aux mêmes sentiments de sympathie que j'ai rencontrés auprès de tous nos Collègues, que je dois le grand honneur qu'ils m'ont fait, en m'élevant au poste de Président de la Société.

Je m'efforcerai de justifier la confiance qu'ils ont placée en moi, et, pour cela, je n'aurai qu'à m'inspirer des traditions de travail et de dévouement aux intérêts de notre Société, dont vous avez donné, vous-même, tant de preuves et de témoignages au cours de votre présidence.

Permettez-moi donc, tout d'abord, de vous remercier des grands services que vous nous avez rendus au cours de l'année écoulée ; continuant et achevant l'œuvre de votre distingué prédécesseur, vous avez obtenu des pouvoirs publics la sortie du décret qui a donné à notre Société une charte nouvelle : vous avez ainsi rajeuni notre institution et, grâce à une première application que vous avez faite de ses statuts modifiés, vous avez eu le mérite de voir chacun de ses membres s'associer, dans des élections récentes, à la vie sociale de notre grande association, vous avez élargi ses bases, augmenté sa vitalité, vous lui avez infusé un sang nouveau, qui devra contribuer à accroître encore dans l'avenir son action scientifique, si utile et si désintéressée. *(Applaudissements.)*

Pour marcher sur vos traces, je compte sur le concours de chacun, sur la collaboration de tous nos Collègues, car ce sont leurs travaux personnels, l'exposé de leurs études et de leurs recherches, de leurs installations et de leurs entreprises, qui donnent à notre Société le bon renom qu'elle possède et la grande autorité dont elle jouit, ce sont, en un mot, les communications des membres de notre société qui montrent le mieux que dans notre siècle, qualifié à juste titre de siècle des Ingénieurs, l'Ingénieur civil a l'esprit toujours en éveil, qu'il est toujours préoccupé des questions à l'ordre du jour de la science et de l'industrie, et qu'il solutionne, au mieux des intérêts publics, les problèmes de nature à exercer une influence heureuse sur la prospérité du pays tout entier.

Je m'efforcerai donc, mes chers Collègues, de travailler pour ma modeste part à la grandeur de cette œuvre de progrès qui est avant tout la vôtre, la Société des Ingénieurs civils de France, imitant en cela mon savant prédécesseur, qui, dans cette année de reconstitution de notre Société sur des bases nouvelles, a su prouver à tous, une fois de plus, qu'un Ingénieur éminent comme celui qui a conçu et exécuté avec tant de hardiesse le viaduc du Viaur, œuvre à laquelle l'Académie des Sciences vient récemment de décerner un Prix Montyon pour la Mécanique *(Applaudissements)*, auteur en outre de tant d'autres travaux métalliques qui font honneur au Génie civil français, peut être doublé, en sus, d'un organisateur de premier ordre, d'un administrateur du plus haut mérite, sachant conduire avec autorité une grande institution comme la nôtre, ce dont je le félicite hautement en votre nom à tous. *(Applaudissements répétés.)*

Je compte encore sur le concours éclairé des membres du Bureau et du Comité de notre Société, dont le dévouement et les avis ne me feront pas défaut dans la lourde tâche que j'ai assumée, je sais enfin que je puis me reposer en partie sur la collaboration de l'Ingénieur distingué, que vos suffrages unanimes ont porté à la Vice-Présidence, j'ai nommé M. Coiseau, dans lequel je salue le Président de 1905, qui portera légèrement sur ses puissantes épaules, l'an prochain, le pesant fardeau de la présidence. *(Vifs applaudissements.)*

Messieurs,

Une ancienne tradition, à laquelle je suis heureux de me conformer, veut que votre Président annuel expose à la Société l'état de l'industrie dans la profession qu'il a embrassée. Trop peu nombreux sont parmi nous ceux qui ont consacré leur carrière à l'Industrie des Mines, mais, en m'élevant à la présidence, vous avez marqué votre volonté de ne pas rester indifférents au grand mouvement industriel dont les mines sont le centre ; au milieu de la crise, qui pèse si lourdement sur les affaires dans le monde entier, l'industrie minière fait encore bonne figure et mérite ainsi de retenir quelques instants toute votre attention.

Je tiens tout d'abord à faire observer combien sont étroits les liens qui unissent notre Société à l'Industrie des mines : cette dernière touche, en effet, à toutes les branches de notre activité industrielle, si

bien représentée par la Société des Ingénieurs Civils de France, qui a su les grouper toutes, en un faisceau puissant et fécond, au grand profit du développement de notre prospérité nationale.

L'exploitant de mines doit justement posséder la presque totalité des connaissances si variées et des aptitudes si nombreuses qui distinguent l'Ingénieur civil; cet exploitant serait, en effet, très incomplet s'il n'avait que l'expérience nécessaire pour conduire les travaux souterrains, il lui faut encore s'inspirer de tous les progrès réalisés dans l'industrie pour les adapter à ses propres besoins: les applications de la mécanique et de l'électricité aux multiples machines qu'il met en œuvre, les recherches et analyses chimiques qu'il est conduit à faire, soit des minerais qu'il exploite ou qu'il traite dans ses appareils métallurgiques, soit des gaz délétères ou explosifs contre lesquels il doit lutter, les constructions spéciales, quelquefois très importantes, dont il lui faut doter ses sièges d'exploitation, exigent que le mineur soit, on le voit, à la fois mécanicien, électricien, chimiste, métallurgiste et constructeur, toutes capacités auxquelles doivent s'ajouter ses connaissances propres, qui le mettront en mesure de résoudre les problèmes de la géologie appliquée, de tirer parti des gisements les plus variés, d'y appliquer des méthodes rationnelles d'exploitation, d'installer des moyens de transport perfectionnés en rapport avec les profils les plus accidentés qu'il rencontrera, de faire choix de procédés d'enrichissement appropriés aux produits extraits du sol, de créer enfin tout un centre industriel, auquel il aura quelquefois à annexer un port pour l'expédition et l'exportation de ses minerais amenés à l'état marchand.

Toute cette longue énumération de qualités, d'aptitudes et de connaissances spéciales ne feront pas encore un exploitant de mines accompli, si celui qui les possède n'est pas, en outre, bon administrateur, s'il n'est pas en mesure de conduire habilement un personnel ouvrier, souvent difficile à diriger, et s'il ne sait pas, enfin, tirer parti fructueusement et économiquement des richesses minérales qu'il a à mettre en valeur.

En matière de mines, les qualités dominantes d'un bon administrateur résident dans la recherche d'un bas prix de revient, dans l'emploi des méthodes et des procédés tendant à accroître, chaque jour, la sécurité dans les travaux, dans la prévoyance qui conduira à aménager, longtemps à l'avance, de nouvelles richesses minérales, afin d'être en mesure de les extraire au moment de l'épuisement des quartiers en exploitation, prévoyance nécessaire, car les travaux de mines sont œuvres de longue haleine, mais clairvoyance indispensable pour ne pas subir d'arrêt dans la production et pouvoir profiter, à tout moment, par son accroissement, de l'état avantageux du marché.

On voit combien sont multiples les qualités que doit posséder le mineur; aussi peut-on dire que son métier, fait de science et d'expérience pratique, a été considéré avec raison, comme plus qu'une science, comme plus qu'une industrie, et qualifié, à juste titre, d'*Art des Mines*.

Je crois avoir montré les relations étroites qui existent entre la profession d'Ingénieur civil et celle d'exploitant de mines; il convient d'ajouter que les exploitants de mines ont été, de tout temps, à la tête

du mouvement industriel et ont contribué, par conséquent, à exalter le rôle de l'Ingénieur dans la société moderne.

Pour montrer la grande place occupée dans les siècles passés par les Ingénieurs de Mines, il me suffira de rappeler ici que la première machine à vapeur a été introduite en France, en 1749, pour l'épuisement des houillères de Littry, que la première voie ferrée fut installée au XVIIe siècle dans un charbonnage de Newcastle par un Français, Beaumont, dont le nom est à peu près tombé dans l'oubli, depuis cette époque éloignée, que la première locomotive vit le jour, en 1804, dans une mine de Newcastle, que le premier chemin de fer concédé en France, le fut en 1823, pour desservir le bassin houiller de Saint-Étienne.

Après cette énumération, il m'est permis de dire, que si les chemins de fer rendent les plus grands services à l'industrie des mines en abaissant le prix de ses transports, en augmentant son rayon de vente et en qualité d'importants consommateurs de charbon et de produits métallurgiques, ils ne font que s'acquitter d'une dette de reconnaissance, car ils ont pris naissance dans les mines, auxquelles on doit ainsi en partie la révolution qu'ils ont accomplie dans l'industrie et dans ses moyens de transport.

Cherchons maintenant à évaluer l'importance des produits que l'industrie minérale tire chaque année des entrailles de la terre, pour les jeter dans la circulation mondiale.

Si on totalise la valeur des métaux, de la houille, des matériaux de construction, etc., extraits dans le monde entier, on trouve que le montant des produits des industries extractives a atteint une valeur totale de 17 milliards et demi, en 1901 (1), seule année dont les statistiques soient complètes à ce jour pour tous les pays du globe.

On constate, à l'examen de cet inventaire des produits annuels des mines et carrières, que la valeur des combustibles équivaut, à elle seule, à près de la moitié de celle de l'ensemble, soit à 7 milliards et demi de francs, que les métaux précieux, l'or et l'argent, ne font qu'une modeste figure dans le total, représentant, à eux deux réunis, une somme de 1 884 405 000*f*, correspondant à un peu plus de 10 0/0 du montant global; il convient de faire observer, cependant, que l'arrêt à peu près complet des mines du Transvaal, en 1901, a eu pour conséquence une réduction de près de 250 millions de francs dans la production aurifère du globe.

En tête des métaux, nous trouvons le fer, dont la valeur produite figure pour plus de 3 milliards de francs par an; l'or occupe la seconde place; les applications de l'électricité ont accru l'importance du cuivre, qui arrive au troisième rang sans atteindre tout à fait un milliard de francs; le pétrole se totalise par une production d'une valeur de 600 millions de francs, le plomb par 286, l'étain par 267, le zinc par 205, le sel par 167, les engrais minéraux représentent 105 millions.

L'évaluation à 2 milliards des produits des carrières est certainement en dessous de la vérité, mais des renseignements précis concernant la valeur des matériaux extraits du sol par cette branche importante des industries extractives, font défaut dans un grand nombre de statistiques

(1) Voir *Annexes, tableau I*, p. 34.

officielles étrangères. En France seulement, les matériaux extraits des carrières, en 1902, représentent une valeur annuelle de 239 373 664 *f*.

Le même inventaire des produits de l'industrie des mines dressé en 1888 pour le monde entier accusait, à cette époque, une valeur créée de 8 880 197 000 *f* (1). On voit que, depuis lors, les fruits des exploitations minérales ont doublé.

4 700 973 travailleurs (2) sont occupés à la surface du globe à l'exploitation des mines et des carrières, grande armée pacifique dont l'œuvre est féconde, puisqu'elle fait sortir du néant des produits jusqu'alors perdus pour la collectivité, armée dont les soldats sont les premiers à bénéficier des richesses créées, car la majeure partie du prix de revient des produits de l'industrie minière est constituée par des salaires qui représentent environ 50 0/0 de la valeur totale extraite.

Mais fixons plus particulièrement notre attention sur le principal produit des industries extractives : le charbon, dont la production annuelle représente, ainsi qu'il a été dit, la moitié du montant de l'extraction totale des mines (3).

Les divers pays sont inégalement dotés au point de vue des richesses houillères ; toutefois, si on compare leur production à l'étendue de leurs bassins houillers, à quelques années d'intervalles, on constate que les diverses nations tendent, de plus en plus, à mettre leurs extractions annuelles en harmonie avec les richesses dont elles ont été dotées par la nature.

La Russie, restée longtemps en arrière, commence à proportionner ses extractions à l'importance de ses gisements; sa production, qui est loin d'avoir dit son dernier mot, s'est accrue de 250 0/0 en treize ans.

Le tonnage de la production houillère américaine a doublé dans le même temps. C'est l'Allemagne qui a fait les plus grands progrès ensuite, 88 0/0; l'Autriche-Hongrie vient après, en accroissement de 71 0/0; la France présente une augmentation sensiblement égale de 70 0/0; l'Angleterre occupe le sixième rang seulement, avec une extraction supplémentaire de 32,5 0/0 ; la Belgique, à peu près stationnaire, n'a vu sa production croître que de 15,5 0/0.

Si on tient compte du mouvement du commerce extérieur qui, selon les besoins de chaque pays, y fait entrer ou sortir un certain tonnage de combustibles, et si on divise, ensuite, la consommation totale par la population des diverses nations, on obtient les chiffres de la consommation annuelle par tête d'habitant, quotients qui donnent une idée de la puissance industrielle de chaque peuple. Nous devons reconnaître qu'à côté de certains pays, la Grande-Bretagne et les États-Unis, qui consomment plus de 3 *t* par tête d'habitant et par an, la France, avec sa consommation annuelle de 1,15 *t*, paraît jouer un rôle bien modeste dans le monde industriel. Sa consommation par tête d'habitant était,

(1) *L'Industrie des Mines en France et à l'Étranger*, et principalement *les Houillères en 1888*, H. Couriot. Conférence faite à l'Exposition Universelle Internationale de 1889.

(2) *Mines and Quarries : General Report and Statistics for 1901*, C. Le Neve Foster, tableau 276.

(3) Voir *Annexes, tableau II*, p. 35.

en 1888, de 854 *kg* ; elle a ainsi augmenté cependant de 296 *kg* ou de 34,6 0/0.

Rapportée à la population du monde entier, la consommation par tête d'habitant était, en 1888, de 325 *kg* ; elle est maintenant de 527 *kg*, accusant ainsi pour l'ensemble un accroissement notable.

Favorisée par sa situation insulaire et par ses fleuves qui pénètrent au cœur de ses bassins houillers, disposant d'immenses richesses minérales, l'Angleterre est le plus grand exportateur de charbon du monde entier ; elle a vendu à l'étranger 60 400 134 *t* en 1902, soit 26,6 0/0 de sa production.

Pour arriver à une appréciation exacte de la valeur créée sur le carreau des mines dans les divers pays, il faut retrancher des extractions totales, la production en lignite, combustible qui est l'objet d'exploitations importantes dans certains pays, tels que l'Allemagne où il a été extrait, en 1902, 43 304 586 *t*, et l'Autriche-Hongrie, 22 139 683 *t* ; on arrive, alors, à des chiffres comparables (1).

Les prix des combustibles sur le carreau des mines varient assez notablement d'un pays à un autre : ils diffèrent peu en France et en Belgique, nations qui se trouvent dans des conditions économiques et géologiques assez voisines ; mais les différences de valeur s'accusent davantage, si on compare ces prix à ceux des autres nations, et on reconnaît alors que les écarts dépendent surtout du rendement ou effet utile de l'ouvrier mineur, intimement lié lui-même au salaire par tonne extraite, principal facteur du prix de revient.

***

Il est curieux, en effet, de remarquer combien sont grands les écarts de la production annuelle par tête d'ouvrier occupé dans les houillères des diverses nations ; on trouve d'ailleurs des différences comparables d'un bassin à un autre pour un même pays, ainsi que nous le verrons tout à l'heure en ce qui concerne la France.

Le plus grand effet utile obtenu par tête d'ouvrier est incontestablement le rendement du mineur américain. On remarquera que le mineur a produit aux États-Unis, en 1902, près de 508 *t* par tête et par an ; il avait abattu 550 *t* en 1901, année où le travail ne s'est pas trouvé arrêté, durant cinq mois, par la grève qui s'est déclarée dans la région des anthracites, en 1902 ; son rendement est près du double de l'effet utile obtenu en Angleterre, la nation où la production par homme est la plus élevée après celle réalisée en Amérique. Un tel résultat est dû à l'emploi, fait sur une très vaste échelle, de l'abatage mécanique par haveuses, rouilleuses, traceuses, machines dont le nombre atteignait 5 394 en usage dans les houillères américaines en 1902, engins qui ont produit 69 446 291 *t*, plus du quart, exactement 25,6 0/0, du tonnage extrait, ce qui représente près de 13 000 *t* abattues par appareil et par an (2).

Les houillères anglaises s'efforcent d'introduire le havage mécanique

(1) Voir *Annexes*, *tableau III*, p. 36.

(2) Renseignements dus aux obligeantes communications, encore inédites, du *Department of the Interior U. S. Geological Survey* de Washington.

chez elles; les progrès de ce mode d'abatage y sont plus lents qu'aux États-Unis; le nombre des machines employées dans les mines de la Grande-Bretagne, en 1902, n'était que de 483, et le tonnage, abattu par elles, est évalué à 4 161 202 *t*; il ne correspond qu'à 1,84 0/0 de la production totale, et à un abatage de 8 600 *t* par machine et par an. En Allemagne, en Belgique et en France, des essais du même ordre ont été faits dans diverses exploitations; l'emploi des haveuses semble appelé à se développer dans les houillères de la Ruhr, vu la grande régularité des gisements de ce bassin et la solidité du toit de ses couches, mais en France et en Belgique, les tentatives faites jusqu'à ce jour ont été peu encourageantes pour plusieurs motifs : faible puissance et grandes variations d'inclinaison de la majeure partie des couches qui y sont exploitées, manque de solidité du toit des veines de houille, exigeant des boisages rapprochés qui ne permettent pas le passage de machines encombrantes, faible dureté, enfin, du charbon qui tombe prématurément, en bloquant les engins; aussi faudra-t-il que des progrès soient encore apportés au matériel en usage en Amérique, pour que son emploi se développe en France. Des recherches et des tentatives très intéressantes se poursuivent actuellement dans ce but : le fil hélicoïdal, employé déjà avec succès dans les carrières à ciel ouvert et dans les ardoisières souterraines, permet d'entrevoir une solution élégante et économique de la question du havage mécanique dans son application aux houillères, comme de récents essais, en cours d'exécution à la Compagnie des Mines de Carmaux, le laissent espérer.

A l'étranger, on a reconnu que dans des circonstances favorables, l'abatage mécanique procurait une augmentation de l'effet utile de l'ouvrier, un accroissement de la proportion de gros obtenus et souvent une économie dans les frais d'abatage, tout en permettant un plus rapide développement de la production et un plus prompt déhouillement.

Le rendement individuel tombe à 169 *t* en Belgique; il est de 182 *t* en France, et on vient de constater que cet effet utile ne peut être amélioré par l'emploi des machines; il faut donc reconnaître que, si le rendement par tête d'ouvrier y est aussi bas par rapport aux rendements obtenus en Angleterre, 282 *t*, et en Allemagne, 238 *t*, cette infériorité tient aux conditions moins favorables dans lesquelles se trouvent la France et la Belgique.

Pour qu'un gisement offre des conditions d'exploitation favorables, il faut qu'il présente un ensemble de qualités qu'on rencontre rarement dans nos charbonnages français, et qu'on n'y trouve jamais réunies à la fois. Les couches les plus avantageuses à exploiter sont enfermées dans des roches encaissantes, toit et mur, solides; elles ne réclament par suite que peu de frais de boisage dans les galeries et chantiers; le charbon qu'elles procurent est, à la fois, solide et pur, il se tient, par suite, bien au front de taille sans soutènement coûteux, et sa pureté permet de l'écouler sans déchets notables de triage et de lavage; il fournit beaucoup de gros morceaux et il ne faut pas perdre de vue que les charbons en roches et les criblés ont une valeur double et quelquefois triple de celle des menus; s'il présente des clivages et des plans de stratification bien nets, il se détachera facilement à l'abatage, en procurant

un rendement élevé. On comprend déjà, par cette énumération sommaire des conditions avantageuses qu'on peut rencontrer, tant dans le charbon que dans les roches encaissantes, que les frais de boisage varieront dans de grandes limites : ils représentent en effet 0,30 *f* à 2 *f* par tonne; que le rendement du piqueur sera très différent d'un gisement à un autre; que la solidité du toit et la régularité de l'allure du gîte permettront, dans certains cas, le passage de haveuses, augmentant l'effet utile; que le charbon abattu aura une valeur très variable selon qu'il sera en gros ou en menus; qu'on pourra, quelquefois, n'avoir pas à supporter un déchet en matières stériles, pierres et schistes, qui augmenterait de 25 à 30 0/0 le prix de revient puisqu'il faudra 4 *t* de charbon brut pour obtenir 3 *t* de charbon marchand, ou 3 pour 2. Telles sont les principales considérations qui font varier le prix de revient d'abatage; mais à celles-ci ne se bornent pas les causes pouvant affecter le prix de revient général : la puissance de la couche est un facteur important du coût du combustible; le havage exécuté, il est clair que le piqueur obtiendra un rendement très différent, quand il fera tomber la roche souscavée et que, par exemple, pour un même travail préparatoire exécuté, la couche havée mesurera 2 *m* de puissance ou n'aura que 50 ou 60 *cm* d'épaisseur seulement.

Dans les couches minces, il faut frayer un passage au personnel et au matériel; le creusement des galeries de circulation, de transport et d'aérage conduit à donner une hauteur minima à l'excavation et le coupage des voies consistera à entailler les épontes pour obtenir la section que doivent avoir les voies de transport; ce travail est économisé, entièrement, quand les galeries sont inscrites dans le gîte; ajoutons que l'irrégularité du gisement conduit à l'exécution dispendieuse de galeries au rocher, plus longues et plus coûteuses, et à des transports plus onéreux; que les couches puissantes nécessitent le remblayage des vides et entraînent une augmentation d'un quart environ du personnel, que les fonçages de puits dans certains terrains aquifères accroissent énormément les frais de premier établissement et on comprendra, après cet exposé sommaire des différences que les gîtes peuvent affecter, les écarts considérables que l'on rencontre dans les prix de revient d'un pays à un autre, et même d'un bassin à un autre, écarts qui doivent avoir leur répercussion sur les prix de vente.

Si on applique les considérations qui précèdent aux conditions particulières que présentent nos gisements français, on est frappé de constater que les couches du bassin franco-belge, exploitées dans le nord de la France, sont principalement composées de veines mesurant de 0,40 *m* à 1,20 *m* de puissance, exigeant des coupages coûteux, alors que ce sont des couches de plus de 1 *m* et allant jusqu'à 2,50 *m* et 3 *m* qui prédominent en Angleterre et en Westphalie; il faut en déduire que les conditions d'exploitation des houillères, dans ces deux derniers pays, sont bien plus avantageuses que les nôtres.

Mais tournons nos regards vers le centre de la France; nous y rencontrons des couches présentant des puissances favorables et, à première vue, il nous paraîtrait que le prix de revient des houillères devrait y être meilleur : il n'en est rien cependant car, malheureusement, le

charbon de nos exploitations du centre est le plus souvent d'une grande impureté et ne s'améliore qu'au prix d'un fort déchet de triage et de lavage qui en augmente le prix de revient dans des proportions considérables; on trouve enfin dans les bassins de cette région des couches de très grande puissance, dont les renflements ont atteint quelquefois des épaisseurs de 20 *m*, 30 *m* et même de 50 *m*; il semble que, dans de tels gites, on n'ait qu'à tailler dans la masse pour réaliser des bénéfices très notables; tout au contraire, dans ces houillères, aux grands déchets résultant de la présence des stériles, s'ajoutent les frais de méthodes d'exploitation coûteuses, entrainant des dépenses en bois très élevées et exigeant un remblayage complet des excavations produites par le déhouillage, ainsi que la charge d'un personnel spécial supplémentaire pour le remblayage, sans compter les difficultés de la lutte contre les incendies spontanés; l'irrégularité de nos gisements du centre entraine encore des frais de recherches dispendieuses par galeries pour la traversée des failles qui, quelquefois, en hachent littéralement les champs d'exploitation.

Il faut opposer à ces frais particuliers, dont la dépense doit être supportée par le tonnage que les recherches ont permis de reconnaitre, les avantages que présentent les gites de Westphalie, dans lesquels les exploitations se développent parfois sur des kilomètres avec tant de régularité que les galeries qui y sont tracées ne présentent aucune courbure et dont les travers-bancs, en recoupant le faisceau qu'ils desservent, au lieu de rencontrer des grès durs, comme cela a lieu fréquemment dans nos bassins, traversent principalement des schistes à texture massive d'une dureté relativement faible, dont le percement est obtenu à peu de frais, dont le soutènement n'est pas coûteux, et dont l'abatage fournit une matière utile, car la cuisson de ces schistes produit des briques excellentes employées avec économie dans les revêtements des puits et galeries ou même vendues avec bénéfice à la consommation locale.

Certaines exploitations anglaises, particulièrement les houillères de l'Écosse et du Pays de Galles, trouvent une recette supplémentaire dans le fer carbonaté lithoïde dont la présence en abondance accroit ainsi les produits de l'abatage.

On comprend maintenant pourquoi les bassins houillers offrent des conditions de production qui ne sont nullement comparables, et on peut en conclure que les difficultés rencontrées dans les travaux souterrains doivent se traduire, dans certains pays, par une diminution du rendement individuel qui s'accusera plus particulièrement par les variations de l'effet utile de l'ouvrier travaillant au fond, dont la production annuelle est en moyenne de 348 *t* par an en Angleterre, de 313 *t* en Allemagne, tombe à 253 *t* en France et n'est enfin que de 233 *t* en Belgique.

Le rendement élevé atteint en Angleterre n'est pas seulement le résultat de conditions géologiques avantageuses, il trouve encore son explication dans la législation spéciale de ce pays, qui fait de l'exploitant un fermier, tirant parti de richesses qui lui sont amodiées pour un nombre d'années limité, moyennant une redevance par tonne à payer au propriétaire du sol; détenteur du gite pour un temps relativement court.

l'exploitant est plus préoccupé du présent que de l'avenir, il lui faut réaliser un bénéfice immédiat; il ne fera donc pas ou peu de travaux de recherche, il n'exploitera que les couches fournissant des charbons de qualité supérieure et celles qui lui procureront un rendement élevé, en deux mots, celles qui donneront à la fois un bas prix de revient et un bon prix de vente.

Une telle législation a organisé le gaspillage des richesses houillères de la Grande-Bretagne, où on néglige, le plus souvent, de remonter au jour les charbons menus produits au cours de l'abatage, et il n'était que temps pour le Royaume-Uni de s'en rendre compte. C'est à cette préoccupation que son gouvernement a récemment obéi quand il s'est aperçu que l'Angleterre n'occupait plus le premier rang parmi les nations productrices de charbon; cette considération l'a conduit à la nomination d'une Commission d'enquête, ayant pour mission d'étudier les remèdes à apporter à une pareille situation.

Le rendement par ouvrier du fond est très réduit en Belgique, où la puissance moyenne des couches exploitées n'est que de 0,68 *m*; il est très faible par suite des circonstances indiquées précédemment, et en outre, en raison de la profondeur croissante des exploitations belges, dont la production par siège est moins intensive et dont les chantiers voient leur température s'élever. A ces inconvénients, s'ajoute la rencontre de couches plus grisouteuses en profondeur et même de gisements quelquefois sujets à des dégagements instantanés. Heureusement pour nos voisins, dont la profondeur moyenne d'extraction s'abaisse sans cesse accélérant le déhouillement du sous-sol belge, ils viennent d'accroitre les richesses qu'ils possédaient par la découverte d'un nouveau bassin, orienté du S.-E. au N.-O., situé dans la Campine, s'étendant de Maestricht vers Anvers, et doublant la superficie houillère dont ils disposaient; au prix de la création de sièges nouveaux, qui seront longs et coûteux à établir, cette précieuse découverte, leur permettra d'alimenter de charbon, pendant de longues années encore, leurs importantes industries.

Le faible rendement obtenu par ouvrier du fond en Belgique, a dû faire rechercher de préférence la main-d'œuvre à bon marché, celle des enfants au jour et au fond, et celle des femmes à la surface, ensemble dont la proportion atteint 13 0/0 de la population minière totale, pourcentage supérieur à celui des autres pays et qui a pour conséquence d'abaisser le salaire moyen des mineurs belges à 3,99 *f*, alors que le salaire moyen est, en Allemagne de 4,50 *f*, en France de 4,57 *f* et qu'il atteint 6,60 *f* en Angleterre.

Enfin, chose importante, la combinaison des rendements individuels par jour de travail et des salaires journaliers fait ressortir sensiblement au même prix, les frais de main-d'œuvre par tonne extraite; on trouve que la dépense en main-d'œuvre par tonne est de 7,05 *f* en Belgique, de 7 *f* en Angleterre, et de 6,89 *f* en France; elle n'atteint que 5,47 *f* en Allemagne.

Si l'on fait le quotient de la production totale par le nombre des ouvriers occupés à la surface, on a une idée assez exacte des frais d'épuration, c'est-à-dire des dépenses de triage et de lavage effectuées au

jour dans les divers pays et des transformations que les charbons peuvent subir en coke et en briquettes à la sortie de la mine; la production annuelle rapportée à une tête d'ouvrier du jour est de 1 425 *t* en Angleterre, de 998 *t* en Allemagne, de 653 *t* seulement en France, et tombe à 630 *t* par an en Belgique. Le fort déchet d'épierrage et de lavage en France, d'une part, et les soins apportés en Belgique, de l'autre, à la préparation des charbons domestiques, ont pour résultat, dans le bassin franco-belge, de réduire très notablement le rendement de l'ouvrier du jour par rapport à l'effet utile obtenu à la surface, en Angleterre et en Allemagne; on conçoit que cette circonstance doive également exercer sa répercussion sur le prix de revient des charbons.

Les statistiques concernant l'effet utile obtenu par tête de mineur dans les divers pays demandent donc tout un long commentaire pour être interprétées, commentaire sans lequel elles ne pourraient que fausser les idées; les observations qui précèdent permettent de pousser plus avant l'étude de l'exploitation de la houille dans notre pays.

***

Malgré les difficultés avec lesquelles nos houillères se trouvent aux prises, elles ne sont pas restées stationnaires et leur extraction a été croissant sans cesse au cours du siècle dernier (1); et cependant notre pays tire de l'étranger, en moyenne, 30 0/0 des charbons nécessaires à sa consommation : il a été importé en France, en 1902. 15 132 000 *t* de houille; il est venu 49,8 0/0 de ce total d'Angleterre, 36,4 0/0 de Belgique, 13,6 0/0 d'Allemagne et 0,20 0/0 des États-Unis. Tout l'Ouest et une partie du midi de la France s'alimentent en charbons anglais ou allemands, l'Est s'approvisionne en Belgique et en Allemagne.

Si nous considérons le prix moyen des combustibles sur les centres d'extraction, nous constatons que les prix de vente sont passés par un premier maximum vers 1875, époque où ils ont atteint le prix de 15,93 *f*; le maximum réel est celui de l'année 1873, 16,61 *f*, il est la conséquence des événements de 1870-71; pendant l'année 1871 la consommation était tombée à 18 850 000 *t* et la production à 13 259 000 *t*; la reprise industrielle qui suivit la guerre fit passer la consommation, en 1873, à 24 702 000 *t*, mais le ralentissement des travaux préparatoires des houillères, pendant les années précédentes, n'a pas permis à la production de suivre la marche ascendante de la consommation; l'extraction n'a été que de 17 479 000 *t* et une forte hausse du charbon s'en est suivie.

Des faits économiques de même ordre ont amené un relèvement des prix dans les années 1900 et 1901; la grande activité industrielle qui s'est produite à l'occasion de l'Exposition internationale de 1900, a coïncidé avec des besoins importants de charbon à l'étranger, entraînés tant par la mobilisation, vers la Chine, des flottes européennes, que par les importants transports de l'Angleterre vers le Transvaal; nous avons vu alors se produire, en 1900, comme en 1873, un brusque développement de la consommation et cela à un moment où le charbon était rare et cher au dehors; notre consommation, qui n'avait augmenté que de

(1) Voir *Annexes*, *tableau IV*, p. 37.

2 millions de tonnes en cinq ans, de 1890 à 1895, a réclamé un accroissement subit de 10 millions de tonnes dans la période quinquennale allant de 1895 à 1900; les houillères ont fait de grands efforts, au cours de ces cinq années, pour répondre aux besoins, car leur production est passée de 28 020 000 à 33 404 000 *t*, mais elle ne s'est ainsi accrue que de 5 millions et demi de tonnes, alors que le pays en réclamait 10; il a donc manqué 5 millions de tonnes qu'il a fallu demander à l'étranger et, de cette insuffisance notable de la production, est sortie une hausse du charbon, qui en a porté le prix moyen à 14,95 *f* et même à 15,69 *f* en 1901, pour redescendre à 14,55 *f* en 1902. Il convient de remarquer qu'on ne peut augmenter, brusquement, l'extraction dans les charbonnages car, tout en faisant des travaux préparatoires importants en vue d'assurer l'avenir, on ne peut, en effet, maintenir ouvertes des galeries trop nombreuses, en vue d'un accroissement de la production plus ou moins hypothétique, aussi est-il très difficile, sinon impossible, de répondre à une rapide augmentation de la consommation comme celle qui s'est produite dans les deux périodes susindiquées.

Les statistiques démontrent que, depuis quarante ans environ, notre accroissement de production est la conséquence à peu près exclusive de l'entrée en ligne de notre beau bassin du Nord, dans sa traversée du Pas-de-Calais. Il y a quarante ans, les houillères du Pas-de-Calais saluaient l'extraction annuelle d'un premier million de tonnes; elles font face, à elles seules, aujourd'hui, à la moitié de la consommation française et on peut dire que notre pays ferait une piteuse figure dans le monde industriel sans la découverte du prolongement du bassin houiller franco-belge, sous les morts terrains qui constituent les plaines du Pas-de-Calais. Les départements du Nord et du Pas-de-Calais, à eux deux réunis, concourent à la production de près des deux tiers de la houille extraite en France, leur extraction s'opère actuellement sur la base de 23 millions de tonnes par an; vingt-sept fosses supplémentaires sont, en ce moment, en fonçage ou en aménagement dans les charbonnages de cette région et on peut prévoir que la production de cet important bassin s'accroîtra encore considérablement d'ici peu de temps, surtout après l'exécution du programme d'amélioration de notre réseau de voies navigables et principalement après l'achèvement du canal du Nord. Mais avec les charges nouvelles qui, depuis une dizaine d'années, pèsent sur l'industrie houillère : augmentation des salaires, retraites, loi sur les accidents, réduction de la journée de travail, etc., etc., on ne doit pas s'attendre à revoir les anciens prix de vente du charbon.

La consommation française se répartit entre les établissements métallurgiques, qui en absorbent 16,3 0/0, les chemins de fer 13,9 0/0, les mines, elles-mêmes, 7,6 0/0, la marine 3 0/0, le surplus, soit 59,2 0/0, est employé dans les industries diverses, le chauffage domestique et l'éclairage.

* * *

Si on compare la série des rendements obtenus par tête d'ouvrier occupé dans les houillères françaises depuis cinquante ans, on constate que la production n'arrivait guère à dépasser 130 *t* par ouvrier et par an, il y a un demi-siècle; que ce rendement moyen a atteint 214,5 *t* en 1890,

et que, depuis lors, il est descendu à 182 *t*; cette décroissance du rendement individuel au cours des dernières années, doit être attribuée à la réduction de la durée de la journée de travail dans les mines et à l'inexpérience des nouveaux ouvriers embauchés par les exploitants pour accroître leur production. L'augmentation générale antérieure de l'effet utile a coïncidé avec l'emploi de méthodes rationnelles d'exploitation, avec l'apparition des progrès introduits dans l'art des mines, avec l'application des procédés perfectionnés du transport de l'énergie, mettant la force entre les mains de l'ouvrier pour les besoins de l'extraction, du roulage, de l'abatage, de l'épuisement et de l'aérage, avec l'utilisation des puissants explosifs modernes enfin, et on peut dire que l'ouvrier a été le premier à bénéficier des progrès qui ont rendu son labeur, à la fois, moins pénible et plus productif, car son salaire s'est accru continuellement durant tout le siècle écoulé : celui-ci était de 1,85 *f* pour douze heures de travail en 1845, il est de 4,57 *f*, aujourd'hui, pour un poste de huit à neuf heures, avec une moyenne de 4,99 *f* pour les ouvriers du fond et de 3,57 *f* pour ceux de la surface. En 1901, le salaire moyen des mineurs français était de 4,82 *f* et se trouvait ainsi supérieur de 0,90 *f* par jour au salaire moyen journalier des ouvriers des villes de France, Paris excepté, dans lesquelles ont été institués des Conseils de Prud'hommes; d'après les états fournis par ces Conseils, le salaire moyen des professions soumises à leur juridiction a été de 3,92 *f* en 1901, pour une journée de travail certainement plus longue que celle des ouvriers mineurs.

Le nombre des journées de travail, les salaires, la production individuelle, et les frais de main-d'œuvre par tonne présentent, dans les bassins français, des écarts très notables, de même caractère que ceux signalés entre les bassins étrangers et s'expliquant par des considérations de même nature (1).

Aux salaires directement payés à l'ouvrier mineur, s'ajoutent des avantages pécuniaires dont les exploitants supportent la charge et dont profite leur personnel, sous les formes les plus diverses et les plus variées : contribution à la retraite, secours en cas de maladie ou d'accident, frais d'hospices, d'assistance médicale, d'écoles, d'économats, de logements à prix réduit, de chauffage gratuit et encouragements divers; ces avantages, dont l'importance totale diffère avec la prospérité des exploitations, constituent un surcroît de salaire annuel de 100 à 200 *f* environ par tête d'ouvrier, représentant un accroissement de 6 à 17 0/0 de celui-ci et correspondant à une augmentation de 0,34 *f* à 1,35 *f* du prix de revient de la tonne de houille extraite (2).

Le supplément de salaire ainsi réparti entre les ouvriers est souvent supérieur au montant du dividende distribué à l'actionnaire; il est même des exploitations, ne distribuant aucun dividende, qui font profiter leurs ouvriers des avantages ci-dessus indiqués.

Quand on compare la part faite à la main-d'œuvre et celle répartie aux capitaux qui ont créé, fécondé et soutenu l'entreprise, on constate que la rémunération de ces derniers n'a rien d'exagéré.

(1) Voir *Annexes, tableau V*, p. 38.
(2) Voir *Annexes, tableau VI*, p. 39.

La moyenne des bénéfices imposables des houillères au cours des vingt dernières années du XIXe siècle a été, en France, de 41 502 650 *f*. Or, on peut évaluer à 40 *f* les frais de premier établissement d'un charbonnage par tonne extraite; en se basant sur cette estimation, la valeur totale des houillères françaises serait de 1 200 000 000 *f* environ; le bénéfice ci-dessus, qui est cependant supérieur aux dividendes distribués et qui doit comprendre l'amortissement de ce capital lui-même disparaissant par suite de l'épuisement de la richesse houillère, représente ainsi un intérêt de 3,4 0/0, qui, on le voit, est loin d'être élevé.

Si on répartissait, entre tous les ouvriers mineurs français, au nombre de 164 810, le bénéfice moyen des houillères, il en résulterait pour eux une augmentation de leur salaire annuel de 252 *f* représentant 0,87 *f* par poste, et 0,69 *f* par jour. A ce modeste supplément de salaire se limiteraient les avantages, tant prônés, que peuvent attendre les ouvriers mineurs de la nationalisation des mines, sans expropriation, et cela en admettant que l'exploitation faite par l'État ou par la collectivité soit aussi fructueuse que celle obtenue par l'initiative privée, ce qui est pour le moins douteux et que l'État laisse aux mains des ouvriers tous les profits de l'exploitation.

Les calculs qui précèdent, appliqués aux charbonnages belges, conduisent aux mêmes conclusions pour la période comprise entre 1891 et 1902.

La valeur, créée dans les douze années ci-dessus, a été de 3 003 589 450 *f*, l'ouvrier mineur en a reçu 53,71 0/0, et le capital 345 999 105 *f*, soit 11,5 0/0.

Le bénéfice moyen rapporté aux frais de premier établissement estimés sur la base de 40 *f* par tonne de houille extraite, c'est-à-dire à une immobilisation de 840 000 000 de francs, accuse une rémunération annuelle de 3,43 0/0 seulement du capital engagé dans les charbonnages belges.

Enfin, la répartition entre tous les travailleurs des mines, au nombre de 123 328 d'après la moyenne duodénaire, de la part de bénéfice réalisée par le capital aurait accru le salaire du mineur belge de 235 *f* par an, de 0,80 *f* par poste et de 0,64 *f* par jour.

Combien en est-il parmi les travailleurs qui aient fait les calculs qui précèdent et ne s'illusionnent-ils pas beaucoup sur le profit qui résulterait pour eux de la répartition entre les ouvriers de l'intégralité des produits des mines?

Nombreuses, enfin, sont les concessions inexploitées après avoir occasionné des pertes considérables pour les capitalistes qui ont tenté de les mettre en valeur; c'est ainsi que sur 1 547 concessions existant, tant en France qu'en Algérie, 626 seulement étaient exploitées en 1902 et que, parmi celles-ci, 217 ont seules fourni des bénéfices; les autres, au nombre de 1330, étaient inexploitées, 921, ou en perte, 409! Tel est le bilan de l'industrie des mines, après deux années de grande prospérité minière et de hausse des prix de vente!

Les exploitations faites par les mineurs eux-mêmes n'ont donné jusqu'à présent que des résultats bien décevants pour eux, et il est à prévoir que le jour où une direction éclairée et intéressée ferait défaut, le sur-

croit de salaire moyen calculé précédemment disparaîtrait rapidement.

L'État, lui aussi, est un bien mauvais exploitant ; pour s'en convaincre, il est curieux d'étudier la situation faite à l'ouvrier mineur allemand, selon que celui-ci est occupé dans les mines domaniales de l'État, à Sarrebruck, ou selon qu'il est rémunéré par l'industrie privée, dans la Ruhr ; cet examen porte en lui un enseignement qui mérite d'être médité par les partisans de la nationalisation des mines (1).

Alors que, de 1888 à 1902, le bassin westphalien prenait un essor prodigieux et accusait une augmentation de production de 25 millions de tonnes ou de 74,8 0/0, pendant la même période de quatorze ans, les extractions du bassin de la Sarre n'ont cru que de 3 millions et demi de tonnes : le nombre d'ouvriers embauchés s'est accru de 134 348 en Westphalie, il n'a augmenté que de 17 634 dans la Sarre, enfin l'ouvrier mineur produit 19 *t* de moins, par an, dans la Sarre qu'en Westphalie, mais il reçoit annuellement 78 marcs ou près de 100 *f* de moins ; cependant, l'âpreté des administrations fiscales de l'État a voulu profiter de la crise houillère de 1901, et a vendu le charbon en moyenne 12,63 marcs, alors que, tempérées par le syndicat westphalien, les houillères de la Ruhr pratiquaient le prix de 8,77 marcs pour des charbons plutôt supérieurs.

En résumé, l'exploitation par l'État paye moins bien l'ouvrier, coûte plus cher au consommateur, sans procurer d'avantages au pays, par suite du moindre rendement de l'ouvrier mineur-fonctionnaire. En revanche, l'initiative privée a donné aux houillères de la Ruhr un développement qui laisse bien loin derrière lui l'accroissement des houillères de la Sarre. Ces chiffres portent en eux une éloquence suffisante pour ne pas s'y arrêter davantage. Nous verrons, dans quelques années, à comparer les résultats de l'exploitation de l'État, en Westphalie même, où le gouvernement allemand vient d'acquérir, récemment et à grands frais, d'importantes concessions, et nous pourrons bientôt établir un parallèle rigoureux, portant sur un même bassin houiller, entre les résultats obtenus par l'État et ceux réalisés par l'industrie privée.

***

Parmi les avantages résultant de l'emploi de procédés et de méthodes, chaque jour plus perfectionnés introduits dans les mines, il faut rappeler que le plus grand bienfait réside dans l'accroissement de la sécurité de l'ouvrier. La plus grande sécurité dans les travaux souterrains est le résultat des importants sacrifices que les exploitants n'ont pas hésité à s'imposer dans l'intérêt de leur personnel et qui ont fait décroître le nombre des morts par accidents ; le total des ouvriers tués par accident, sur 10 000 occupés dans les houillères françaises, est tombé, en effet, de 34,82, en 1850, à 11,84, moyenne de la période décennale de 1891 à 1900, c'est-à-dire que la sécurité est trois fois plus grande aujourd'hui dans les mines qu'il y a cinquante ans (2).

La décroissance de la mortalité par accident n'est pas un fait propre

(1) Voir *Annexes, tableau VII*, p. 39.
(2) Voir *Annexes, tableau VIII*, p. 40.

à la France, la statistique fait apparaitre une amélioration de même importance dans tous les pays producteurs de houille; le nombre des morts par accident rapporté à 100 000 ouvriers occupés dans les houillères, jour et fond réunis, est le suivant :

Périodes.	Angleterre.	Belgique.	États-Unis.	France.	Prusse.
—	—	—	—	—	—
1861-1870	333,9	260,5	»	301,1	265
1871-1880	229,4	245,0	»	221,8	294
1881-1890	191,9	193,2	»	183,0	293
1891-1900	142,6	139,1	276	118,4	247
1901	134,8	117,5	354	121,0	234
1902	123,1	106,7	323	109,2	199

On voit qu'en Allemagne la mortalité accidentelle a diminué très notablement; en 1902, elle a atteint encore 199 ouvriers par 100 000 et aux États-Unis, dans la même année, la proportion est de 323 décès; cette mortalité, supérieure à celle des autres pays, est la conséquence des nombreux embauchages faits, tant en Allemagne qu'aux États-Unis, pour imprimer un plus grand développement à la production, l'habileté professionnelle des ouvriers employés s'en étant ressentie.

La mortalité générale des ouvriers des mines n'est pas plus élevée que celle de beaucoup d'autres professions; il résulte d'une enquête opérée par le service de la statistique générale de la Grande-Bretagne, pour les trois années 1890 à 1892, classant les ouvriers de 102 professions d'après leur mortalité générale croissante, que les mines de fer occupent le 14e rang, les mines de houille, pour les services du fond, le 38e rang et que la mortalité générale des mineurs est inférieure à la mortalité de la population mâle de la Grande-Bretagne.

Les mines métalliques offrent une sécurité plus grande que les houillères, cependant les progrès introduits dans les charbonnages, les méthodes rationnelles adoptées, l'emploi des explosifs de sûreté tendent à rapprocher, de nos jours, les risques de toutes les exploitations minières sans distinction (1).

Au lieu de rapporter les décès à 100 000 ouvriers, on peut les rapporter à 1 million de tonnes de houille extraites par an (2), on voit alors que pour opérer une même extraction, le nombre des accidents mortels était quatre fois plus grand dans la période de 1831-1840 que de nos jours; il y avait alors, en Belgique, un ouvrier tué pour 28 500 *t* extraites : aujourd'hui, dans ce même pays, il y a un cas de mort par accident pour 125 000 *t* produites par an, et en France, un mort par accident pour 166 000 *t* extraites; le rendement bien plus élevé du mineur anglais porte à 230 000 *t* l'extraction correspondant à un ouvrier tué par an, dans les houillères de la Grande-Bretagne, au cours de l'année 1902.

La répartition des accidents dus aux diverses causes est sensiblement la même dans tous les pays (3).

(1) Voir *Annexes, tableau IX*, p. 41.
(2) Voir *Annexes, tableau X*, p. 41.
(3) Voir *Annexes, tableau XI*, p. 41.

La statistique montre enfin que la diminution du nombre des morts porte sur toutes les causes d'accidents sans exception (1).

Les accidents dus aux éboulements sont les plus nombreux; à eux seuls ils frappent la moitié des victimes des mines; les explosions de grisou et les coups de poussières, qui ont causé près du quart des accidents mortels pendant les années 1831 à 1900, n'en motivent plus aujourd'hui que 7 0/0.

En France, les accidents causés par les explosions diverses out également été toujours en décroissance; dans la dernière période décennale 1891-1900, la proportion d'ouvriers du fond et du jour tués par les coups de mine et les coups de grisou est tombée au chiffre très bas de 6,5 décès par 100000 ouvriers et le nombre des tués n'a été que de 5,1/2 0/0 du total des victimes.

La sécurité a été grandissant sans cesse dans les exploitations, par suite d'améliorations nombreuses apportées dans tous les services des mines. Par rapport à ce qu'était l'industrie des Mines, il y a un demi-siècle, on trouve, en ce qui concerne l'abatage des roches, une sécurité plus complète résultant de l'emploi de bourroirs en bois, du tir électrique, des explosifs de sûreté, de la suppression même complète des explosifs dans certaines mines à grisou, de soutènements mieux compris, d'un boisage mieux étudié des excavations souterraines, du remblayage des vides, etc.

Dans l'aérage, l'emploi des ventilateurs, substitué à l'aérage naturel a assuré une marche régulière du courant d'air, celui des ventilateurs mécaniques dans les chantiers en cul-de-sac brassant l'air, le renouvelant et amenant le grisou, mieux connu, à une teneur inexplosive, l'abatage des poussières par l'arrosage des tailles et galeries ou l'imbibition de la houille dans les mines poussiéreuses, ont diminué le nombre des coups de poussières et des explosions souterraines; le drainage du grisou, soit par de longs traçages préalables, soit par des sondages pratiqués aux fronts de taille, enfin l'accroissement des surfaces de taille pour une production déterminée, ont été appliqués avec fruit dans les mines à dégagements instantanés, pour abaisser la teneur en grisou des chantiers.

Grâce à ces progrès, grâce à l'utilisation des explosifs de sécurité, grâce à l'emploi de lampes de sûreté perfectionnées, les accidents par explosion sont devenus excessivement rares, et leurs victimes de moins en moins nombreuses. C'est ainsi que dans les mines anglaises, par 100 000 ouvriers, on a vu la mortalité résultant des explosions tomber de 107, moyenne des années 1851-1855, à 9,70, mortalité moyenne de la période quinquennale 1896-1900. En France, rapportée à 100 000 ouvriers du fond et du jour, la mortalité est tombée, comme il a été dit, de 65,8 ouvriers à 6,5; on voit de part et d'autre les vies humaines épargnées dans les deux pays. Il y a cinquante ans, la mort d'un ouvrier par explosion dans les houillères, correspondait, en France, à une extraction de 240 000 *t*; en 1902, on a compté plus de 3 340 000 *t* extraites par ouvrier tué dans les mêmes conditions; une mort par le grisou correspond ainsi, maintenant, à une production quatorze fois plus forte qu'il y a cinquante ans, et on constate des progrès comparables dans tous les pays.

En matière de transport, la sécurité a été accrue dans les voies de

(1) Voir *Annexes, tableau XII*, p. 42.

roulage et surtout dans les plans inclinés, notamment par l'adoption de freins normalement serrés, par l'établissement de plans à brins croisés et de câbles sans fin, par l'emploi de fermetures automatiques, de parachutes et au moyen d'enclanchements des voies de service et des voies des plans inclinés.

Quant à l'extraction, on y constate un bénéfice de sécurité résultant d'une meilleure fabrication des câbles et de l'emploi de fils d'acier à plus grande résistance; en ce qui concerne les câbles métalliques, moins répandus en France qu'à l'étranger, le parachute le plus sûr est encore un bon câble d'extraction, surtout si les griffes de l'appareil doivent agir sur un guidage en fer; on trouve encore un gain de sécurité dans les barrières automatiques, dans l'établissement de signaux perfectionnés, et dans l'enclanchement de ceux-ci avec les barrières du fond et les taquets du jour, dans l'emploi enfin d'évite-molettes modérant la vitesse des cages et les arrêtant à une certaine hauteur au-dessus de la recette, évitant de la sorte la mise aux poulies; l'accroissement de la hauteur des chevalets a également diminué les chances d'accident de ce genre.

En ce qui touche au service de l'épuisement, les coups d'eau sont devenus très rares de nos jours, par suite de l'établissement de plans rigoureux permettant de n'approcher des anciens travaux qu'en connaissance de cause, et avec la précaution toujours prise de n'avancer qu'en se faisant précéder de trous de sonde, on évite les graves et brusques inondations qui envahissaient, autrefois, les mines et surprenaient leur personnel.

Les méthodes rationnelles d'exploitation ont permis d'enlever la matière utile d'une façon plus complète, tout en accroissant la sécurité des travailleurs; l'emploi des remblais a limité les tassements et les mouvements à la surface, et, combiné avec un déhouillage plus rapide, il a diminué les chances d'incendie et les accidents qui en étaient la conséquence.

On voit que, dans tous les services, la sécurité s'est accrue, et cela par suite des nombreux progrès qui s'y sont fait jour dans tous les pays. La place fait défaut pour rappeler ici tous les perfectionnements et les améliorations variés dont l'art des mines a été doté au cours du siècle écoulé, en dehors de ceux qui ont exclusivement en vue d'accroître la sécurité. Au surplus, je ne pourrai que répéter l'exposé que j'en ai fait à la Société elle-même, à l'occasion de son cinquantenaire, en 1898; depuis cette date, il n'a été parcouru qu'une courte étape de la vie minière, et aucun fait bien saillant n'est apparu, mais j'ai été heureux de mettre en lumière, à cette époque, combien est intense et incessant le travail de l'Ingénieur des Mines, qui a transformé totalement les conditions de son industrie depuis un demi-siècle; c'est avec non moins de joie qu'aujourd'hui je démontre que l'exploitant de mines a fait à la fois œuvre utile au pays et féconde en résultats, car non seulement il a accru la sécurité dans les travaux souterrains, mais il a rendu le labeur de l'ouvrier moins pénible, tout en améliorant son rendement individuel, grâce aux procédés nouveaux qu'il a appliqués, aussi a-t-il pu augmenter notablement le gain journalier du mineur, sans compromettre la prospérité de l'industrie qui le fait vivre. De tels résultats sont

tout à l'honneur des Ingénieurs; nombreux sont ceux de nos Collègues qui y ont contribué, et il convenait de leur rendre ici un juste hommage.

***

Il nous reste à jeter un rapide coup d'œil sur l'avenir des exploitations minières; les richesses dont l'homme dispose sont considérables; des bassins houillers importants sont encore presque vierges, et les vastes territoires, à peine prospectés, de l'Asie et de l'Afrique, recèlent en outre certainement, des réserves dont l'épuisement est bien éloigné. Les États-Unis, en quelques années, ont su se placer au premier rang comme producteurs de houille, leurs richesses leur permettront d'occuper aussi la première place, un jour, comme exportateurs du précieux combustible; l'Angleterre, déjà détrônée de son antique royauté, ne sera plus le grand pourvoyeur de nations sans charbon; mais les anciens centres miniers seront grevés de frais d'exploitation grandissant sans cesse avec la profondeur elle-même : frais de premier établissement plus considérables, coût de fonçages de puits plus profonds, température des chantiers plus élevée, ayant pour conséquence un rendement moindre de l'ouvrier, puissance d'extraction réduite, vu le poids des câbles, s'allongeant sans cesse quand s'approfondiront les mines de l'ancien continent, consommation de charbon plus grande pour opérer une extraction plus profonde, rendement en gros moindre et boisages plus coûteux en raison de l'accroissement de pression des terrains, frais d'un aérage intensif enfin, par suite des dégagements plus importants de grisou dans les houillères. Ce sont sans doute les mines d'or du Transvaal qui auront les premières à faire les frais et les études de l'exploitation à grande profondeur. Il est reconnu aujourd'hui que l'exploitation minière peut être aisément portée à 1 200 *m*, ainsi que le démontrent les travaux faits en Belgique, à la Fosse n° 18 des Charbonnages des Produits du Flénu, voire même, dans des conditions particulières, à 1 397 *m* dans les Mines de cuivre de Calumet et Hecla, et à 1 830 *m* à la Tamarack mining C°, État du Michigan. La température de l'air parcourant les chantiers ne dépasse pas 25 à 28 degrés, bien que les roches soient à 47 degrés à la fosse n° 18 des Produits du Flénu; à la Tamarack Mining C°, on extrait directement, de 1 830 *m* de profondeur, 5 450 *kg* de minerais avec une vitesse moyenne de 20,40 *m* par seconde, et on peut dire qu'avec les moyens mécaniques dont l'exploitant de mines dispose, sans même recourir à l'extraction pneumatique, il est en mesure de remonter des charges de 2 000 *kg* à des profondeurs pouvant atteindre 2 500 *m*. L'emploi de machines étagées permettrait d'atteindre à la rigueur 3 000 *m* de profondeur. On conçoit donc que ce qui pourra constituer l'obstacle le plus sérieux à l'exploitation des richesses enfouies à de grandes profondeurs, c'est surtout la température des chantiers souterrains. Le degré géothermique est fonction du pouvoir diathermane des roches, il varie également selon les régions, c'est ainsi que sous les cimes montagneuses recouvertes par les neiges, comme le percement des tunnels a permis de le reconnaître, il est bien plus élevé que dans les plaines, où la présence des influences perturbatrices ne se fait pas sentir; il paraît également croître avec la profondeur, ce qui est

avantageux au point de vue qui nous occupe, et grandir encore par le déhouillement des étages supérieurs. Dans les mines de cuivre de Tamarack, à 1 830 *m* de profondeur, et de Calumet et Hecla, à 1 397 *m*, la circulation des eaux du Lac Supérieur à travers les fractures naturelles des terrains, a considérablement allongé le degré géothermique et a permis de pousser facilement l'exploitation à ces grandes profondeurs, qui n'avaient jamais été abordées auparavant.

Il a été reconnu en Belgique que la présence d'anciens travaux, correspondant au déhouillement des couches supérieures, produit le même phénomène d'abaissement de la température des roches, en allongeant le degré géothermique, constatation bien encourageante pour l'avenir. Par la circulation dans la mine d'un volume d'air notable, on arrive à obtenir un échange de température suffisant pour refroidir superficiellement les roches et rendre la température des chantiers très acceptable; l'augmentation de la vitesse de l'air donne une sensation de fraicheur qui permet aux ouvriers de supporter une température relativement élevée. Enfin, par un accroissement de la surface de front de taille attribuée à chaque ouvrier, on facilite les échanges de température, et on arrive à diminuer la chaleur dans les tailles, aussi peut-on prévoir que la profondeur de 1 500 *m* sera atteinte un jour dans les houillères, en ne faisant que perfectionner et développer les méthodes actuelles.

La détente de l'air comprimé, moyen évidemment coûteux, mais qui a été employé avec succès pour la congélation des terrains dans le creusement d'un tunnel à Stockholm, sous la rive nord du lac Mélar, permettra sans doute d'accroître encore la profondeur quand il s'agira de minerais de grande valeur et de porter à 1 800 *m* et même à 2 000 *m* peut-être la profondeur maxima des exploitations dans l'avenir, sans atteindre la température du corps humain. Il suffira de mélanger l'air détendu à l'air entrant dans la mine, pour en abaisser la température. Quand le prix de revient de l'air liquide le permettra, ce dernier pourra enfin être employé en cartouches pour l'abatage des roches, aidant de la sorte à assainir les exploitations et refroidissant les chantiers.

On voit que l'homme ne laissera pas en place les réserves houillères importantes qu'il sait enfouies à de grandes profondeurs. Mais, avant d'aborder ces dernières richesses, l'humanité tirera parti des vastes étendues, encore inexplorées, que recèlent les pays vierges ou les régions ouvertes, depuis peu, à la civilisation.

Une Commission spéciale instituée par le Gouvernement anglais, évaluait, en 1871, à 146 milliards de tonnes les richesses houillères de la Grande-Bretagne jusqu'à 1312 *m* de profondeur. Si on considère que celles-ci ne représentent en superficie que le vingtième de la surface des bassins houillers connus, et qu'il doit exister, en outre, sur le globe, des bassins encore ignorés, couvrant des étendues considérables, si on songe enfin que l'évaluation des richesses anglaises est un minimum, car la profondeur d'extraction pourra sans doute être reculée au delà de 1 312 *m*, on peut être rassuré sur l'avenir, car on voit qu'il se succédera bien des générations sur la terre avant que l'humanité ne soit privée de la houille, qualifiée à juste titre de « pain de l'industrie ».

TABLEAU I. **Production mondiale en 1901 (1).**

	PRODUCTION (TONNES)	VALEUR (FRANCS)	
1° Produits métalliques.			
Fer	39 396 729	3 053 246 497	
Or (385 835 *kg*)	»	1 328 985 000	
Cuivre	553 709	968 990 750	
Argent (5 608 920 *kg*)	5 608	555 420 000	
Plomb	954 708	286 112 400	
Étain	88 814	267 774 210	
Zinc	465 846	204 972 240	
Mercure	3 331	22 983 900	
Antimoine, Cobalt, Manganèse, Nickel, Platine, etc.	38 000	60 000 000	
			6 748 484 997
2° Produits non métalliques.			
Charbon	788 737 487	7 531 417 022	
Pétrole	19 943 019	600 785 866	
Schistes bitumineux, Asphaltes	»	41 011 963	
Sel	12 864 589	167 239 657	
Pyrite, Soufre, Graphite	»	100 000 000	
Nitrates et Phosphates	»	105 000 000	
			8 545 454 508
Matériaux de construction et produits des carrières (Évaluation)			2 000 000 000
Pierres précieuses (Évaluation)			200 000 000
TOTAL GÉNÉRAL			17 493 939 505

(1) Seule année dont les statistique soient complètes à ce jour pour les diverses nations.

TABLEAU II. **Production des combustibles minéraux dans le monde entier.**

NATIONS	SUPERFICIE HOUILLÈRE	PRODUCTION EN HOUILLE, ANTHRACITE ET LIGNITE		VALEUR TOTALE de la PRODUCTION	NOMBRE D'OUVRIERS (jour et fond réunis)	CONSOMMATION par TÊTE D'HABITANT et par an (1901)
		1888	1901			
	kilom. carrés	tonnes	tonnes	francs		tonnes
États-Unis	490 700	132 548 844	266 151 103	1 779 443 393	485 546	3,34
Angleterre	33 000	169 935 219	222 562 123	2 582 661 110	792 648	3,88
Allemagne	31 000	81 873 848	153 019 414	1 394 417 500	506 537	2,71
Russie	28 300	4 580 223	17 009 975	195 614 712	102 472	0,15
France	5 556	22 602 894	32 325 302	507 162 004	163 796	1,15
Autriche-Hongrie	2 600	23 647 000	40 757 895	334 844 166	129 935	0,40
Belgique	2 350	19 218 481	22 213 410	338 274 090	134 092	2,80
Divers. (Évaluation)	»	12 000 000	34 698 265	399 000 047	200 000	»
TOTAUX ET MOYENNES		466 406 509	788 737 487	7 531 417 022	2 515 026	0,527

TABLEAU III.

Production houillère en 1902.

NATIONS	PRODUCTION	VALEUR	NOMBRE D'OUVRIERS			RENDEMENT ANNUEL			SALAIRES		
			FOND	JOUR	TOTAL	FOND	JOUR	INDISTINCTEMENT	ANNUEL	PAR POSTE	PAR TONNE
	tonnes	francs				tonnes	tonnes	tonnes	francs	francs	francs
États-Unis.	271 997 800 (1)	6,90	410000	126000	536000 (2)	664	2 158	508 (2)	»	»	»
Angleterre	227 084 871	10,30	651505	159282	810787	348	1 425	282	1 975	6,60	7,00
Allemagne	107 303 320	10,40	343345	107842	451187	313	998	238	1 302	4,50	5,47
France	29 997 000 (3)	14,55	118810	46100	164810	253	653	182	1 241	4,57	6,89
Belgique	22 877 470	13,20	98700	36289	134889	233	630	169	1 200	3,99	7,05

(1) La grève de la région des anthracites de Pensylvanie, dont la durée a été de cinq mois, a réduit la production de ce bassin de 22 994 397 t par rapport à 1901.

(2) Le nombre des ouvriers et leur effet utile ont été calculés, pour les États-Unis, en se basant sur le nombre d'ouvriers employés au jour et au fond, en 1902, dans la Pensylvanie, l'Illinois et l'Alabama, seuls États dont les statistiques, connues à ce jour, fournissent des renseignements ayant trait à la répartition des ouvriers travaillant à l'intérieur ou à la surface; la production de ces trois États représente 65 0/0 de la production totale des États-Unis.

(3) La production de 1902 a décru de 2 328 000 t, en France, par rapport à celle de 1901, par suite de la grève générale des mineurs français qui a occasionné un arrêt des exploitations dont la durée a été supérieure à un mois, le salaire annuel s'est trouvé réduit dans la même proportion.

TABLEAU IV.

Tableau de la production houillère de la France.

ANNÉES	PRODUCTION HOUILLÈRE	NOMBRE D'OUVRIERS	RENDEMENT ANNUEL par ouvrier	CONSOMMATION HOUILLÈRE	RAPPORT DE LA PRODUCTION à la consommation	PRIX MOYEN DU CHARBON sur les lieux d'extraction	SALAIRE ANNUEL
	milliers de tonnes		tonnes	milliers de tonnes	0/0	francs	francs
1779	250	»	»	»	»	»	»
1815	882	»	»	1 112	79,5	10,82	»
1830	1 863	15 000	124,5	2 494	74,5	9,75	»
1835	2 506	19 500	128,5	3 278	76,4	9,60	»
1840	3 003	27 800	108	4 257	70,6	9,75	»
1845	4 202	30 800	135	6 348	66,2	9,45	550
1850	4 434	32 900	133,5	7 225	61,4	9,74	531
1855	7 453	54 000	138	12 296	60,6	12,17	660
1860	8 304	59 200	141	14 270	58,2	11,65	»
1865	11 600	77 900	149	18 522	62,6	11,47	760
1870	13 330	82 700	161,5	18 830	70,7	11,69	874
1875	16 957	108 700	156	24 658	68,8	15,93	1 058
1880	19 362	107 200	180,6	28 846	67,1	12,74	1 040
1885	19 511	101 600	192	30 035	64,9	11,73	1 042
1890	26 083	121 600	214,5	36 653	71,1	11,94	1 206
1895	28 020	137 300	204	38 640	72,6	11,01	1 161
1900	33 404	162 100	206	48 803	68,5	14,95	1 333
1901	32 325	163 800	197,5	46 773	69,2	15,69	1 396
1902	29 997	164 810	182	44 810	66,9	14,55	1 241

TABLEAU V.

FRANCE. — Tableau comparatif de la production et des salaires dans les divers bassins en 1902 (1).

BASSINS	NOMBRE DE JOURNÉES de travail par ouvrier		SALAIRE ANNUEL par ouvrier		SALAIRE JOURNALIER par ouvrier		PRODUCTION ANNUELLE par ouvrier		PRODUCTION JOURNALIÈRE par ouvrier		FRAIS de MAIN-D'ŒUVRE par tonne
	du fond	du jour	du fond	du jour	du fond	du jour	du fond	du jour	du fond	du jour	
			francs	francs	francs	francs	tonnes	tonnes	kilogr.	kilogr.	
Nord et Pas-de-Calais	261	293	1 366	1 083	5,23	3,69	269	207	1 028	770	6,29
Loire	267	277	1 378	1 059	5,16	3,82	239	157	894	580	8,09
Gard	277	300	1 351	1 011	4,87	3,37	228	155	820	544	8,02
Saône-et-Loire	280	303	1 328	1 162	4,74	3,84	286	180	1 022	626	7,02
Tarn et Aveyron	261	263	1 205	874	4,62	3,32	238	154	912	587	7,08
Allier	289	303	1 269	1 066	4,39	3,52	234	162	810	553	7,44
Provence (lignite)	242	278	1 105	1 101	4,57	3,60	251	185	1 036	736	5,83
ENSEMBLE . 1902	266	287	1 326	1 023	4,99	3,57	253	182	951	670	6,89
ENSEMBLE . 1901	288	294	1 521	1 081	5,28	3,68	275	197	956	681	7,08

(1) Tableau dû à l'obligeante communication de bonnes feuilles de la *Statistique de l'Industrie minérale pour 1902.*

TABLEAU VI. **FRANCE. — Tableau des salaires indirects assumés par les houillères.**

EXPLOITATIONS		ANNÉES	CHARGES SUPPLÉMENTAIRES et libéralités	ACCROISSEMENT INDIRECT du salaire annuel	ACCROISSEMENT 0/0 sur la base du SALAIRE MOYEN de 1902 (1 241 f)	AUGMENTATION correspondante du PRIX DE REVIENT par tonne	RAPPORT DES SUBVENTIONS et libéralités aux dividendes distribués
			francs	francs	0/0	francs	0/0
Nord et Pas-de-Calais	Anzin	1899	2 448 181 91	208 »	16,45	0,79	35,80
	Courrières	1901	1 348 319 61	174,50	14,05	0,68	36,50
	L'Escarpelle	1899	247 979 50	78 »	6,28	0,34	28,50
	Liévin	1902	874 585 13	165,80	13,36	0,800	62,50
	Vicoigne et Nœux	1899	1 155 159 60	187,15	15,10	0,779	36,10
Gard	Bessèges	1899	433 409 40	142 »	11,43	0,747	36,00
Loire	Loire	1902	361 640 99	100,50	8,10	0,735	54,80
	Montrambert	1902	456 134 34	130 »	10,45	0,494	13,25
	Roche-la-Molière	1899	500 467 30	112 »	9,02	0,537	17,56
	Saint-Étienne	1902	338 779 66	108 »	8,70	0,788	21,20
Saône-et-Loire	Blanzy	1897-98	1 924 204 30	218 »	17,60	1,35	80,20

TABLEAU VII.

	SARRE 1888	SARRE 1902	VARIATIONS 0/0	RUHR 1888	RUHR 1902	VARIATIONS 0/0
Production . . . t	6 000 286	9 560 000	+ 59,3	33 200 000	58 038 594	+ 74,8
Nombre d'ouvriers	24 402	42 036	+ 72,3	102 195	236 543	+ 131,4
Effet utile annuel d'un ouvrier . . . t	234	226	— 3,4	325	245	— 32,6
Salaire annuel . . . *marcs*	842	1 053	+ 24,3	863	1 131	+ 31,1

TABLEAU VIII.

Proportion des ouvriers tués dans les houillères françaises, d'après les causes des accidents.

(Ouvriers du fond et du jour réunis.)

ANNÉES ET PÉRIODES	NOMBRE ANNUEL MOYEN des ouvriers du fond et du jour réunis	NOMBRE ANNUEL moyen des ouvriers tués	PROPORTION DES OUVRIERS TUÉS PAR 10 000 DU FOND ET DU JOUR RÉUNIS							
			Éboulements	Grisou	Coups de mine	PUITS		Exploitation des voies ferrées souterraines	Causes autres que celles ci-devant mentionnées	TOTAUX
						Ruptures de câbles, chaines, engins, etc.	Chutes dans les puits			
1850-1853-1857 (3 ans)	44 229	154	16,05	4,97	1,28	2,64	6,95	»	2,93	34,82
1863-1865 à 1870 (7 ans)	82 026	244	10,61	6,58	0,68	2,50	4,15	»	5,23	29,75
1871-1880 (10 ans)	103 680	230	7,43	4,94	0,69	1,54	3,28	»	4,30	22,18
1881-1890 —	108 167	198	5,18	5,95	0,30	0,55	1,69	1,35	3,28	18,30
1891-1900 —	141 773	168	4,13	0,65	0,39	0,21	1,59	1,61	3,26	11,84
1901	163 796	198	5,65	1,03	0,65	0,78	1,73	1,63	0,71	12,10
1902	164 810	180	5,41	0,62	0,51	1,02	0,33	2,09	0,94	10,92

Tableau IX. — Accidents mortels par 100 000 ouvriers.
(Ouvriers du jour et du fond réunis.)

PRUSSE (1)		
PÉRIODES OU ANNÉES	DANS LES HOUILLÈRES	DANS LES MINES MÉTALLIQUES
1867-1880	293,9	143,9
1881-1890	293,4	125,3
1891-1900	247,4	106,2
1901	234,1	117,2
1902	198,9	89,7

Tableau X. — Nombre d'ouvriers tués par million de tonnes extraites.

PÉRIODES DÉCENNALES	BELGIQUE	PÉRIODES DÉCENNALES	ANGLETERRE
1831-1840	33,88	»	»
1841-1850	26,44	»	»
1851-1860	24,09	»	»
1861-1870	18,90	»	»
1871-1880	16,82	1873-1882	7,42
1881-1890	11,41	1883-1892	5,65
1891-1900	8,02	1893-1902	4,70
1901	8,20	1901	4,83
1902	6,30	1902	4,35

Tableau XI. — Répartition, d'après leurs causes, des accidents mortels par 100 000 ouvriers occupés dans les houillères.

NATIONS	ANNÉES	PAR COUPS DE MINE	PAR ÉBOULEMENT	PAR EXPLOSION	DANS LES PUITS ET PUITS, PAR LES MACHINES	PAR CAUSES DIVERSES	TOTAUX
Angleterre.	1902	2	55	2	38	36	123
Autriche.	1901	2	50	1	48	24	125
Belgique.	1902	7	31	2	34	33	107
France.	1902	5	54	6	34	10	109
Prusse	1902	17	83	3	66	64	222

(1) *Zeitschrift für das Berg- Hütten und Salinen- Wesen im Preussischen Staate* (1902).

TABLEAU XII. **Répartition, d'après leurs causes, des accidents mortels par 100 000 mineurs (Angleterre) (1).**

(Rapportés aux ouvriers du fond seulement.)

PÉRIODES	PAR EXPLOSIONS	PAR ÉBOULEMENTS	PAR CHUTES DANS LES PUITS	PAR CAUSES DIVERSES	AUX OUVRIERS DU FOND	SURVENUS AUX OUVRIERS DU JOUR ISOLÉMENT	MOYENNE GÉNÉRALE des ACCIDENTS MORTELS (jour et fond réunis)
1851-1855	128,0	201,6	129,6	55,6	514,9	101,2	430,1
1856-1860	123,4	184,6	89,9	64,8	462,8	99,4	388,3
1861-1865	61,8	171,4	66,8	79,0	379,1	110,5	324,0
1866 1870	115,8	157,8	52,8	73,0	399,5	125,6	343,3
1871-1875	51,6	121,0	43,7	57,2	273,6	89,9	234,2
1876-1880	81,1	113,2	31,7	44,9	270,9	84,7	230,6
1881-1885	40,8	110,8	26,3	53,2	231,2	84,8	200,7
1886-1890	31,2	101,5	19,6	51,7	204,2	91,3	180,6
1891-1895	24,4	79,8	19,3	47,0	170,4	82,6	152,4
1896-1900	10,8	78,5	12,5	45,6	147,3	77,9	132,8
Moyenne de 50 ans	52,8	116,3	37,4	54,0	260,6	90,7	225,1
1901	18,8	74.1	11,8	42,0	146,7	88,7	134,8
1902	9,2	68,6	15,4	43,8	137,0	68,7	123,1
Rapports 0/0 des accidents du fond sur 50 ans	20,3	44,5	14,4	20,8	100,0	»	»

(1) *Mines and Quarries : General Report and Statistics for 1902.* C. LE NEVE FOSTER.

II

PRÉSIDENCE DE M. H. COURIOT, PRÉSIDENT.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part du décès de :

M. Carel, Jules, Membre de la Société depuis 1891, industriel, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Juge au Tribunal de Commerce, Vice-Président de la Chambre de Commerce du Mans, Vice-Président du Syndicat des Agriculteurs de la Sarthe, Président du Conseil d'administration de la Compagnie des Chemins de fer à voie étroite, des Compagnies de Tramways à vapeur de la Sarthe, de l'Ille-et-Vilaine, de Loir-et-Cher, de la Société de Carbonisation et Produits chimiques de Voutré, de la Compagnie du gaz Riché, de la Compagnie des Ardoisières de Rochefort-en-Terre et de la Société commerciale des Mines argentifères de Pontpéan ;

M. Delsa, Hubert, Membre de la Société depuis 1865. A été Ingénieur-Mécanicien des Ateliers de construction de Pietrarsa, près Naples, et Constructeur de machines à Liège;

M. Maire, Jean-Amand, ancien Élève de l'École Centrale (1848), Membre de la Société depuis 1849, Membre du Comité en 1895, Chevalier de la Légion d'honneur, Administrateur de la Compagnie des Chemins de fer de Bône-Guelma et prolongements, Administrateur délégué de la Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est, ancien Président du Conseil d'administration de la Société des Anciens Établissements Caïl;

M. Moreau, Émile, Membre de la Société depuis 1867, Inspecteur de la voie aux Chemins de fer du Midi, en retraite;

M. Pelegry, Maurice, Membre de la Société depuis 1864. A été Inspecteur du matériel aux Chemins de fer du Médoc, Juge au Tribunal de Commerce de Toulouse, expert agréé près la Cour et les Tribunaux de Toulouse;

M. de Tscharner, Albert, ancien Élève de l'École Centrale (1873), Membre de la Société depuis 1896, Colonel d'État-Major suisse.

Nous avons également à déplorer la perte de notre regretté ancien Président, M. H. Hersent, que la mort a surpris le 26 décembre dernier, alors que rien ne faisait prévoir une fin aussi rapide.

Dans ces derniers temps, M. Hersent s'occupait encore de différentes entreprises qu'il dirigeait avec ses deux fils aînés, et, bien que laissant à ses collaborateurs le soin de veiller aux détails des travaux, il les aidait puissamment de ses conseils et leur apportait le concours de sa grande expérience.

La veille encore il rédigeait dans ses bureaux le programme d'exécution des travaux à effectuer, cette année, dans l'entreprise du port de Dakar. Il est mort dans la plénitude de ses facultés, fidèle à son poste de travail, comme un soldat devant l'ennemi.

Doué d'une grande activité jointe à une santé robuste; jouissant d'une

énergie inébranlable éclairée par un jugement précis; ayant à son service une mémoire remarquable, doublée d'une intelligence exceptionnelle, possédant une grande puissance de travail, M. Hersent a toujours recherché l'étude des questions les plus difficiles et il en trouvait la solution par les méthodes les plus simples et les plus économiques. Pour lui, il n'y avait pas de travaux impossibles; et bien que les circonstances ne lui aient pas permis, dans une vie pourtant si bien remplie, de s'adonner aux recherches théoriques, il avait une telle expérience des travaux et un tel sens pratique qu'il trouvait, pour les problèmes les plus délicats, les solutions les plus remarquables, et provoquait l'étonnement par la hardiesse de ses conceptions et l'habileté qu'il apportait à l'exécution de ses projets.

M. le Président a rendu hommage aux qualités exceptionnelles qui distinguaient M. Hersent en prononçant son éloge le jour de ses obsèques, à Paris, M. A. Maury, l'un de ses principaux collaborateurs s'est fait l'interprète de ses admirateurs, à Nacqueville, où a eu lieu l'inhumation.

Ces éloges seront insérés au Bulletin avec une Notice nécrologique.

M. le Président adresse aux familles de nos regrettés Collègues l'expression des sentiments de condoléance de la Société tout entière.

M. le Président à le vif plaisir d'annoncer à la Société les distinctions honorifiques et récompenses reçues depuis la dernière séance par des Membres de la Société, savoir :

Officiers de la Légion d'honneur : M. J. Biès-Albert, Comte G. Vitali.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Z. Barbier, Albert Bloch, G. Bouquillon, G. Chevalier, A. Deguy, X. Ducloux, A. de Gennes, L.-Ch. Genis et J.-F. Robert.

Officiers de l'Instruction publique : MM. G. Baignères, P. Jannettaz, M.-E.-D. Lallement, L.-E. Lémal, G.-E. Sohier. G.-L.-A. Vinant.

Officiers d'académie : MM. P.-V. Amilhau, L.-P. Arbel, J. Bouillette, L.-A. Brousse, E.-H.-Ch. Charquillon, E.-J.-J. Cormerais, Amédée Ducloux, P.-A. Darracq, J.-P. Franck, H. de Grièges, H.-Ch.-E.-M. Hermann, P. Lévy-Salvador, P.-E. Liottier, J. Martinez, C.-F. Ollivier, L.-Ch. Peltier, B.-Ch. Rouhard, A.-V. Roy, G. Ulmo.

Officier du Mérite agricole : M. E. Firminhac.

Chevalier du Mérite agricole : M. P. Baudouin.

Officier de l'Ordre royal de l'Osmanié : M. E. Perroud.

Prix de l'Académie des Sciences :

Prix Montyon (mécanique) : M. P. Bodin. *(Vifs applaudissements.)*

Prix Gaston Planté (physique) : M. E. Hospitalier.

M. le Président est heureux d'adresser les félicitations sincères de la Société à ces collègues et plus spécialement à M. de Gennes, membre du Comité pour la décoration qui lui a été attribuée au titre militaire.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un prochain Bulletin.

Notre Collègue, M. P. Bonneville, nous a, à la date du 21 décembre 1903, remis deux plis cachetés. Conformément à l'usage, ces plis ont été déposés aux Archives.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. L. de Bovée, Aug. Cambon, F. Cres'in, E. Defournel, H. Ganeval, P. Kester et L. Weil, comme Membres Sociétaires-Titulaires ; et de :

MM. R. Esnault-Pelterie, H. Piard et G. Rivière, comme Membres Sociétaires-Assistants, et de M. Ch.-E. Pawly, comme Membre Associé.

MM. A. Flachet, M. de la Haye-Duponsel, L. Lelièvre et S. Léon sont reçus Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

ANNEXE

AU

DISCOURS DE M. P. BODIN

PRÉSIDENT SORTANT

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

I. — DÉCORATIONS FRANÇAISES

Commandeur de la Légion d'honneur : M. G. Nagelmackers.

Officiers de la Légion d'honneur : MM. E.-A. Hallier, A. Domange, E.-P.-J. Niclausse, A. Darracq.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. E. Bertrand de Fontviolant, H. Mamy, J. Bonnet, L. Cazeau, E. Lahaye, P. Samary, P. Rouget, A. Roy, A.-G.-A. Charpy, J. Robert, A.-F. Clerc, A.-D. Bloche, M. Desbief, E. Vuillaume, Mortier Saint-Fort, P.-A. Jolibois, F.-M. Richard, A. Leroux, C. Malissart, J. Suss.

Officiers de l'Instruction publique : MM. M. Dibos, A.-R. Grosdidier, Ch. Jablin-Gonne, A.-B. Marillier, G. Meyer, G. Michaux, G. Tartary. L.-J.-H. Chevalier, E.-A. Bourdon, G. Forgue, L. Eyrolles.

Officiers d'Académie : MM. Ch. Pelletier, L.-O. Aulanier, S.-J. Boussiron, E.-J.-N. Carrot, Ch. Desbrochers des Loges, J.-L. Flocon, Ch. Gauthier-Lathuille, A.-F. Hiberty. S. Lacube, E.-L. Mera, M. Paré, G.-F. Poydenot, L.-M. Quesnel, J.-J. Sussfeld, J.-H. Ch. Wittmann, H. Desrumeaux, P. Pedrazzi, L. March, H. Journet, J. J. Loubat, L. Saint-Martin, P.-A. Guiard, E.-J. Giraud, L. Chenut, J. Hersent, A. Lang.

Commandeurs du Mérite Agricole : MM. R. Berge, P.-L. Barbier, A. Bajac.

Officiers du Mérite agricole : MM. Duval-Piret, J. Bocquin, L. Pincmart-Deny.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. A. Paul-Dubos, X. Laprade, H.-E. Lapipe, A.-H. Savy, A. Lang, H. Silvestre, G. Macaire, R. Gross, H. Besson, J.-H. Faucher, L. Leuvrais, F.-H. Auderut, A.-E. Darnay, A. du Beaufret, G. Chauveau, E. Hospitalier.

II. — DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Officier de la Couronne d'Italie : M. G. Crugnola.

Chevalier de la Couronne d'Italie : M. E. Pirani.

Officier de la Couronne de Chêne : M. E. Lahaye.

Chevalier de Léopold de Belgique : M. R. Jacquemart.

Chevalier de N.-D. de la Conception de Villa-Viçosa : M. A. Gallut.

Médaille d'Argent d'Alphonse XIII : M. L. Saint-Martin.

Grand Officier de Medjidié : M. Doat.

Grand Officier de l'Osmanieh : M. L. Chenut.

Officier de Saint-Jacques : M. Ch. Vigreux.

Grand Officier de Saint-Olaf : M. G. Canet.

Commandeur de l'Étoile d'Éthiopie : M. G.-H. de Vesine-Larue.

Double Dragon de Chine : M. L. Coiseau.

Commandeur du Nicham-Iftikar : M. Ch. Jablin-Gonnet.

Officier du Nicham Iftikar : M. H. Chevalier.

Chevalier du Cambodge : MM. Ch. Jablin-Gonnet, H. Faucher.

Chevalier de l'Étoile d'Anjouan : M. H. Hamet.

PRIX, RÉCOMPENSES, NOMINATIONS

I. — PRIX ET RÉCOMPENSES

Médailles d'or décernées à MM. J.-M. Bel, P. Jolibois et L. Poillon, à l'occasion de l'Exposition d'Hanoï (séance des 15 mai et 5 juin).

Médaille d'or décernée à M. Sohm, par la Société industrielle du Nord de la France (séance du 20 mars).

Médaille d'or décernée à M. A. Lencauchez, par la Société technique de l'Industrie du gaz en France.

Mention honorable décernée à M. C. Canovetti, par la Société industrielle du Nord de la France (séance du 4 décembre).

Prix annuel (1903) décerné à M. M. Dibos (séance du 19 juin).

Prix Gottschalk (triennal 1903) décerné à M. M. Pelletier (séance du 19 juin).

Prix Nozo (triennal 1903) décerné à M. A. Gouvy (séance du 19 juin).

Prix Henri Schneider 1902, décernés à la séance du 9 janvier 1903 :

- *1re Section :* **Métallurgie.** — M. F. Osmond.
- *2e Section :* **Mines.** — MM. H. Audemar, C. Grand'Eury, D. Murgue, Élie Reumaux.
- *3e Section :* **Constructions mécaniques.** — MM. A. Mallet, G. Richard, A. Witz.
- *4e Section :* **Constructions métalliques.** — MM. Maurice Lévy, Maurice Kœchlin, E. Bertrand de Fontviolant.
- *5e Section :* **Constructions électriques.** — MM. J. Joubert, Marcel Deprez.
- *6e Section :* **Constructions navales.** — MM. E. Bertin, A. Normand.
- *7e Section :* **Artillerie et défenses métalliques de terre et de bord.** — M. le général Sébert, A. Sarrau.

Prix (grand) décerné à M. L. Chandora à l'occasion de l'Exposition d'Hanoï (séance du 19 juin).

II. — NOMINATIONS

De M. Doniol, comme Membre du Conseil de l'Ordre national de la Légion d'Honneur (séance du 20 novembre).

De M. E. Bertin, Directeur du Génie maritime, comme Membre de l'Académie des Sciences (séance du 4 décembre).

De MM. A. Bricard, H. Garnier, P. Mallet, A. Marsaux, S. Pozzy, G. Salmon, comme Membres de la Chambre de Commerce de Paris ; et de MM. A. Dupréne et Ed. Michaud, comme Secrétaires (séance du 23 janvier).

De MM. Ch. Prevet, F. Reymond, E. Lahaye, F. Gruner, G. Sohier, J. Fleury, comme Membres du Comité consultatif des chemins de fer (séance du 6 février).

De MM. L. Boudenoot et G. Bresson, comme Membres du Conseil de Perfectionnement de l'École supérieure des Mines (séance du 6 février).

De MM. L. Baclé, A. Barbet, Ed. Coignet, comme Jurés titulaires, et MM. J. Grouvelle, F. Honoré, Th. Seyrig, comme Jurés supplémentaires du Prix Nozo (séance du 7 février).

De M. Ch. Compère, comme Secrétaire général du département des machines à l'Exposition de Saint-Louis (séance du 1er mai).

De M. Ch. Jablin-Gonnet, comme Délégué du Ministère du Commerce et de l'Industrie au Congrès de Chimie de Berlin (séance du 5 juin).

De MM. J. Coignet, P. Medebielle, A. Bochet, G. Forgue, G. Richou, Ch. Pinat, P. Lévy-Salvador, comme Membres de la Commission chargée de l'étude des mesures législatives à prendre en vue d'assurer une meilleure utilisation des forces hydrauliques provenant des cours d'eau non navigables, ni flottables (séance du 19 juin).

De M. D. Levat, comme Membre du Conseil supérieur des Colonies (séance du 3 juillet).

De M. E. Sartiaux, comme Membre du Comité de Direction de l'Office national du Commerce extérieur (séance du 20 novembre).

De M. M. Rondet, comme Conseiller du Commerce extérieur de la France (séance du 4 décembre).

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 22 JANVIER 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à 9 heures.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. Bougenaux, Édouard, ancien Élève de l'École Centrale (1871), Membre de la Société depuis 1883, Administrateur et Secrétaire Général de la Compagnie des Tramways de Nantes, Ingénieur, Secrétaire-général de la Société nouvelle des Moteurs à air comprimé, Administrateur-délégué de la Société Française de recherches et d'exploitation de gisements miniers à Madagascar, Membre du Comité en 1899-1900-1901-1902;

M. Buxtorf, Emmanuel, Membre de la Société depuis 1896, Officier de la Légion d'honneur, ancien Constructeur de machines, Membre de la Chambre de Commerce de Troyes et Président du Conseil d'Administration de l'École Française de Bonneterie;

M. Dumas, Louis-Édouard, ancien Élève de l'École Polytechnique (1859), Membre de la Société depuis 1865, Agent de la Société de Commentry-Fourchambault et Associé de la maison Montricher et Cie de Marseille;

M. Koch, Louis, ancien Elève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1868, Ingénieur colonial à Nouméa.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par ces deuils, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer les décorations suivantes :

Ont été nommés :

Officiers d'Académie : MM. E. Dubuisson et Laurain;
Chevalier du Mérite agricole : M. L.-M. Quesnel;
Grand Officier dans l'ordre impérial du Medjidieh : M. Chélu-Bey;
Officier du même ordre : M. Morizot;
Officier de l'Osmanié de Turquie : M. A. Scala.

M. le Président adresse à ces Collègues les bien vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

Une Exposition internationale aura lieu à Nantes de mai à septembre 1904.

Le Ministère des Colonies nous a fait parvenir le cahier des charges relatif à l'adjudication qui aura lieu le 25 mai 1904. à Haïphong (Tonkin) pour la construction d'un quai sur la rive droite de Cua-Cam.

Les pièces relatives à ce dernier avis sont déposées à la Bibliothèque, à la disposition des Membres que la question peut intéresser.

M. le Président annonce que le Comité, conformément au nouveau règlement, a élu, dans chaque Section, des Secrétaires techniques dont la durée des fonctions sera la même pour chacun d'eux que celle du Président de la Section dont ils font partie. Ont été nommés :

1re Section. — MM. F.-Ch. Taupiat;
2e — H. Dufresne;
3e — J. Deschamps;
4e — P. Portier;
5e — F. Clerc;
6e — P. Schubler.

M. E. Duchesne a la parole pour sa communication relative à une étude sur les *Générateurs marins à tube d'eau et à production intensive.*

M. Duchesne rappelle que beaucoup d'expériences, en France et en Angleterre, ont été poursuivies avec soin, en vue d'élucider la question de la circulation dans les générateurs à tubes d'eau. Mais ces expériences ont porté principalement sur des tubes verticaux, très inclinés, ou peu inclinés, et tenus par les deux extrémités dans des lames d'eau.

Pour se rendre compte de ce que devient cette circulation dans le cas des tubes genre Field, mais peu inclinés sur l'horizontale, il a construit un appareil de verre, qui lui a permis d'observer les phénomènes qui se produisent pendant les périodes suivantes :

1° Échauffement de l'eau;
2° Dégagement des gaz dissous;
3° Ébullition.

Cet appareil se compose d'une lame d'eau, terminée latéralement par des glaces. Trois tubes de verre superposés sont fixés dans cette lame d'eau, le tout incliné de façon que l'angle des tubes avec l'horizon puisse varier de 5 degrés à 20 degrés. Des tubes intérieurs, également en verre, sont introduits dans les premiers et les débordent, dans la lame, de quelques centimètres.

Un réservoir d'alimentation, dont on peut faire varier la hauteur, est disposé à côté de cet appareil, dont la partie inférieure est reliée par un tube de caouchouc au réservoir voisin; — dans la lame d'eau, ce tube de caoutchouc est terminé par un ajutage placé en face du tube inférieur, et l'alimente.

Pour former retour d'eau, une troisième glace est disposée dans la lame, à deux centimètres de la glace latérale.

Plusieurs lampes à alcool sont disposées au-dessous du tube inférieur, de façon à chauffer aussi les tubes supérieurs, mais avec moins d'intensité.

Les choses étant ainsi disposées, le niveau d'eau est le même dans le réservoir et dans la lame; il est amené à 3 ou 4 *cm* au-dessus du tube supérieur. Les lampes sont allumées, et on voit aussitôt des mouvements se produire dans toute la masse liquide.

Dans la première période, on voit l'eau descendre dans le tube intérieur, monter dans le tube vaporisateur et continuer son ascension dans la lame d'eau; puis elle redescend par le conduit de retour, pour recommencer ensuite le même cycle. Dès ce moment, on voit le niveau de l'eau, dans la lame, s'élever au-dessus du niveau dans le réservoir.

Dans la deuxième période, les bulles de gaz en dissolution se dégagent par le tube extérieur et par le tube intérieur; la différence de niveau augmente.

Dans la troisième période, l'ébullition se produit, et, dès ce moment, la circulation devient rapide dans toute la masse, mais surtout dans le tube intérieur et dans le tube extérieur.

Aux plus fortes combustions, d'énormes bulles de vapeur se dégagent, mais d'une façon très régulière, et toujours dans le même sens. Elles s'élèvent dans la lame d'eau, et pourtant elles ne gênent en rien l'alimentation naturelle des tubes supérieurs. La différence de niveau devient considérable. Cet appareil a permis de mettre en évidence la théorie de M. Brillié, à savoir : que la pression sur le fond d'une lame d'eau contenant des bulles de vapeur en mouvement ascensionnel uniforme, se compose du poids de l'eau et du poids des bulles de gaz ou de vapeur. On le voit nettement en comparant le niveau du réservoir alimentaire au niveau dans la lame d'eau émulsionnée, les deux récipients se trouvant en communication par leur base.

Cette différence de niveau augmente en même temps que l'intensité de la chauffe, c'est-à-dire proportionnellement à la quantité de bulles de vapeur contenues dans l'émulsion.

C'est ainsi que dans un générateur de 60 m^2 de surface de chauffe, destiné au remorqueur *Pluto*, on a obtenu pour une combustion de 50 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, une différence de niveau de 45 *cm*, et pour une combustion de 100 *kg*, une différence de 65 *cm*.

On a constaté, dans l'appareil de verre, qu'à une chauffe d'intensité constante correspond une vitesse de circulation constante et une différence de niveau également constante. Le niveau reste remarquablement fixe et visible.

Ces expériences ont été répétées pour toutes les inclinaisons, de 5 degrés à 20 degrés; la circulation de l'eau a été de plus en plus vive, mais surtout, le dégagement de vapeur a été de plus en plus facile; une inclinaison de 10 degrés a été reconnue très favorable à l'établissement d'un générateur, comme donnant de bons résultats pratiques.

Dans ces limites d'inclinaison, on a répété les expériences, après avoir enlevé le tube intérieur.

Dans ce cas, la circulation disparaît: de grosses poches de vapeur locales se forment en diverses parties des tubes, et ces poches se dégagent tout à coup dans la lame; l'eau, à son tour, se précipite brusquement dans le tube, et le même phénomène recommence. Ce sont là de mauvaises conditions de fonctionnement, parce que les tubes risquent

de se brûler, et parce que le dégagement de la vapeur dans le réservoir est irrégulier et tumultueux.

Le tube intérieur est donc très utile.

M. Duchesne rappelle ensuite les expériences de MM. Niclausse et Dugé de Bernouville, relatives au pourcentage de vaporisation par étage, qui montrent que les rangées inférieures sont de beaucoup les plus actives; l'émulsion qu'ils contiennent est, par conséquent, surchargée de bulles de vapeur, et il y a intérêt à effectuer l'alimentation par tubes individuels, dans les trois rangées inférieures au moins, non pour rafraîchir les surfaces par de l'eau nouvelle, mais bien pour que l'émulsion contienne une plus grande quantité d'eau à vaporiser; il rappelle que la quantité de chaleur absorbée par la vaporisation est bien plus considérable que celle qui élève l'eau alimentaire au point d'ébullition.

Un générateur jouissant de ces qualités de circulation et de liberté de dégagement de la vapeur a été construit, en 1898, par la maison Daydé et Pillé, de Creil.

Mais, à ces qualités, on a voulu ajouter les plus grandes facilités de montages, démontages, remplacement des tubes usés, nettoyages et ramonages.

Ce générateur se compose d'une lame d'eau inclinée, dans laquelle vient se visser normalement un faisceau tubulaire, incliné lui-même sur l'avant de 10 degrés avec l'horizontale. La lame d'eau est surmontée d'un réservoir cylindrique.

Un vaste foyer existe au dessous du faisceau tubulaire, avec portes à fermeture automatique. La partie supérieure de la devanture est formée d'un cadre en cornières, servant de bâti à une porte à deux vantaux, et l'ensemble est fermé par deux murs latéraux en briques ou en tôle et coton minéral.

Chaque tube est à dilatation libre, puisqu'il n'est tenu que par son extrémité vissée dans la plaque tubulaire. La partie en façade est bouchée par une culasse mobile également vissée, mais facilement dévissable, ce qui procure une très grande facilité de nettoyage intérieur, et au besoin du tube alimentateur. De même, s'il faut changer ce tube extérieur, il se dévisse de sa plaque tubulaire par l'avant parce que ces vissages ont été garnis d'une graisse particulière qui conserve, au portage, une lubrification suffisante pour le mettre à l'abri de l'oxydation.

C'est ainsi que le générateur construit en 1898 a laissé dévisser en 1903 ses éléments, qui avaient conservé leur état de neuf aux portages, tandis que le corps du tube avait subi les atteintes du feu et des agents atmosphériques. La partie avant des tubes est supportée par une tôle percée de trous pour la tenue de ces tubes et, entre les premiers, d'autres trous de 40 *mm* de diamètre qui servent à plusieurs usages :

1° Ils permettent d'introduire la lance à vapeur dans le faisceau pour en opérer le ramonage;

2° Ils servent à admettre de l'air pour assurer une combustion parfaite dans tout le faisceau tubulaire.

En effet, dans beaucoup de cas, on voit les flammes sortir par la cheminée, parce que les gaz se réenflamment au contact de l'air. Dans le système décrit les trous permettent d'introduire des chicanes cylindri-

ques aux endroits où elles sont utiles pour obliger la flamme à effectuer un long parcours.

Mais en outre, les chicanes de l'avant sont creuses et servent à l'admission de l'air supplémentaire nécessaire pour achever la combustion dans tout le faisceau, avant que les gaz ne parviennent à la cheminée.

Pour doser cet air, des registres à coulisses existent sur les portes de la façade et le chauffeur peut en régler la quantité et l'opportunité à son gré.

Ces trous permettent de changer de place les chicanes et, par conséquent, d'obtenir la fumivorité à n'importe quelle allure de combustion et avec n'importe quel charbon, et cela sans opérer aucune démolition dans le fourneau.

M. Duchesne termine en faisant connaître qu'on peut facilement construire un générateur double de ce système ; l'avantage pourtant n'en est pas très grand, car on peut très bien grouper les générateurs simples qui sont très faciles à construire.

Tous les surchauffeurs sont applicables à ce générateur, mais cependant un surchauffeur établi sur le même système que le générateur est construit par MM. Daydé et Pillé. Il se loge facilement entre le faisceau vaporisateur et la cheminée; il est aussi facilement visitable et réparable que le générateur lui-même.

M. Duchesne donnera ultérieurement les chiffres de production à toutes les allures d'un générateur que l'on expérimente en ce moment à Creil.

Plusieurs de nos collègues ayant manifesté leur intention de présenter des observations au sujet du mémoire de M. Duchesne, la *Discussion* en sera reprise dans une séance ultérieure, qui sera fixée dès la publication de ce mémoire. Nous donnerons, en même temps que cette nouvelle discussion, les observations présentées dans la séance du 22 janvier, par MM. Lencauchez et de Chasseloup-Laubat, ainsi que les observations écrites que nous avons déjà reçues, et dont il sera donné connaissance dans la nouvelle séance de discussion.

M. le Président remercie bien vivement M. Duchesne de la communication qu'il a faite sur une question qui intéresse à un haut degré tous les industriels, communication dans laquelle il a apporté à la Société les résultats de ses travaux et de ses recherches basés sur les très consciencieuses expériences auxquelles il s'est livré.

M. J. Bergeron a la parole sur les *Travaux de la Commission de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris. — Alimentation de Paris en eau potable.*

M. J. Bergeron, après avoir rappelé dans quelles conditions a été instituée la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris, rend compte des rapports qu'elle a publiés sur les travaux exécutés par elle en 1901 et 1902. Il attire l'attention sur l'importance croissante de ces travaux et sur leur variété qui résulte du fait que les méthodes suivies ne cessent de se perfectionner.

Commençant par les études relatives aux eaux déjà captées, M. J. Bergeron montre comment a été organisée la défense des sources alimen-

tant Paris contre la pollution des eaux de surface. Elle consiste à établir d'abord le périmètre d'alimentation de ces sources, c'est-à-dire à déterminer la région dans laquelle se rencontrent les fissures (mardelles, bétoires) permettant aux eaux de surface de gagner à l'intérieur du sol les eaux qui en sortiront sous forme de sources vauclusiennes. Quelques-unes de ces fissures peuvent être obturées ou protégées contre l'arrivée des eaux contaminées, mais c'est l'exception. On préfère avoir recours à une surveillance médicale qui a été organisée par MM. les docteurs A.-J. Martin et Thierry, Inspecteur général et Inspecteur général adjoint de l'assainissement et de la salubrité de la Ville de Paris. Grâce aux mesures prophylactiques prises par ce service, Paris, depuis quelques années, n'a plus vu se produire d'épidémie de fièvre typhoïde.

Les périmètres d'alimentation étant tous longs à établir, et aucun de ceux des sources qui alimentent Paris n'étant définitivement reconnu, MM. Dienert, Lecouppey de la Forest, le docteur Miquel, Cambier et Mouchet ont continué leurs études sur ceux du Loing et du Lunain, de l'Avre, de la Dhuis et de la Vanne.

S'il arrivait que, malgré les précautions prises, les eaux fussent contaminées, on s'en rendrait compte par les analyses chimiques et bactériologiques faites respectivement sous la direction de M. A. Lévy, chef du service chimique et de M. le docteur Miquel, chef du service bactériologique de l'Observatoire municipal de Montsouris. Pour gagner du temps, on ne recherche que certains sels et certains microbes dont la présence suffit pour établir s'il y a eu pollution. Étant donné que les eaux sont peu susceptibles de modifier leurs qualités dans les canalisations. elles présentent, à leur arrivée aux réservoirs, les mêmes caractères qu'aux sources.

M. J. Bergeron indique, d'après les rapports de 1901, comment ces services d'analyses sont organisés. Il pense que la surveillance, pour être plus efficace, devrait s'exercer aux sources mêmes; de plus, les analyses chimiques et surtout bactériologiques devraient être faites plus souvent. S'il en est autrement, c'est sans doute par raison d'économie.

Passant à l'étude des eaux nouvelles à capter, M. J. Bergeron s'occupe plus spécialement du projet consistant à amener à Paris les eaux du val d'Orléans. Après avoir décrit cette région, dont l'étude géologique a été faite par M. L. Janet, Ingénieur en chef des Mines, il passe à l'examen des rapports de notre Collègue M. F. Marboutin.

Les eaux du val d'Orléans sont bien des infiltrations de la Loire. comme l'admettait pour le Loiret, dès 1882, M. Sainjon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées. Elles passent par des gouffres reconnus sur les bords ou dans le lit de la Loire; elles peuvent aussi venir de la rive droite du fleuve.

Ces eaux du val appartiennent à deux nappes, d'ailleurs en communication l'une avec l'autre : la nappe phréatique et la nappe profonde, qui occupe les cavernes et canaux du calcaire de Beauce. Cette dernière est captive dans cette roche, comme si elle se trouvait dans une canalisation complètement remplie; les variations de niveau de la Loire s'y font sentir immédiatement. Dans la nappe phréatique les crues de a Loire se retrouvent, mais à un moindre degré et avec une vitesse

moindre. Quand il y a une crue en Loire, les eaux profondes s'élèvent jusque dans la nappe phréatique, par des mardelles ou autres fissures du calcaire ; quand le fleuve se retire, c'est l'eau de la nappe phréatique qui redescend par les fissures et vient se mêler à celle de la nappe profonde. Des graphiques, montrant les variations de niveau piézométrique dans un puits atteignant la nappe phréatique et dans un sondage atteignant la nappe profonde au même point, en même temps que les variations du degré hydrotimétrique et de la température, mettent la chose en évidence.

L'étude des variations de température a montré à M. Marboutin que si l'on suit ces variations pour les eaux de la Loire et pour celle d'un forage atteignant la nappe profonde, les maxima et les minima relatifs à ces dernières sont en retard de deux mois et demi sur les premières. M. Marboutin considère que ce *décalage* dépend de la différence de température du sol et de l'eau et du temps nécessaire à l'échauffement du sol ; il ne correspond pas au temps que met la Loire à traverser les calcaires ; ce dernier n'est, en effet, que de cinq à six jours.

Puis vient l'étude chimique et bactériologique des eaux du val d'Orléans. Lors des basses et moyennes eaux de la Loire, elles paraissent subir dans leur parcours souterrain une auto-épuration très appréciable. En quelques points, dans les régions où peuvent se produire des remous, comme à la prise d'eau pour l'alimentation de la ville d'Orléans, il y a deux crues bactériennes pour une crue de la Loire. M. Marboutin a donné de ce fait une explication très ingénieuse.

Dans la suite de son rapport, notre Collègue a cherché à se rendre compte de la façon dont est alimentée la nappe du calcaire de Beauce, et il a reconnu ainsi trois régions qui reçoivent les eaux de la Loire dans des conditions différentes; il en résulte que les eaux profondes s'y comportent différemment; dans l'une d'elles, la plus rapprochée de l'embouchure du Loiret, les mêmes bétoires peuvent être alternativement absorbants ou émissifs.

La méthode suivie par M. Marboutin est toute nouvelle ; elle utilise tous les renseignements que les eaux peuvent fournir d'elles-mêmes, renseignements qui, jusqu'ici, avaient été négligés. Elle constitue donc un réel progrès en hydrologie.

La Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris a eu encore à s'occuper de la filtration des eaux d'alimentation. Elle raeconnu que si l'on est arrivé à conduire les filtres d'une façon satisfaisante au point de vue pratique, ainsi qu'en font foi les analyses de MM. A. Lévy et Miquel, au point de vue théorique notre ignorance est toujours la même.

Les analyses chimiques et microbiologiques faites par MM. A. Lévy et Miquel des eaux de drainage, dans les diverses régions d'épandage autour de Paris, ont établi que ces eaux étaient plus pures que celles des cours d'eau dans lesquels elles se déversent ; elles sont même parfois plus pures que celles de certaines sources qui alimentent Paris ; elles ne peuvent donc polluer les nappes qu'atteignent les puits de la région.

On voit, par ce qui précède, l'importance de toutes ces études et des résultats qu'elles ont donnés. Il convenait donc d'attirer l'attention de

la Société sur l'œuvre de la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris et de lui rendre justice ; elle a bien mérité des Parisiens et de la Science.

M. E. Chardon estime que M. Bergeron n'a pas suffisamment précisé les conditions dans lesquelles s'accomplissent les remarquables travaux qu'il vient d'analyser.

Il pourrait sembler à ceux de nos Collègues qui ne sont pas très au courant de la question de l'alimentation de Paris en eaux potables, que l'adduction des eaux du Loiret est une entreprise décidée dont la première phase est l'étude qui vient d'être exposée.

Or, il n'en est rien. Aucune décision n'a été prise encore. A la suite d'un rapport de M. le Préfet, en octobre 1902, qui jetait un véritable cri d'alarme et constatait la nécessité d'amener à Paris 700 000 m^3 d'eau par jour en plus des quantités actuelles, le Conseil a voté un crédit de 400 000 *f*. pour étudier l'adduction de 500 000 m^3 environ pris au Loiret et 200 000 m^3 des sources nouvelles du bassin de la Seine, à amener par l'aqueduc de l'Avre. C'est ce crédit que la Commission de l'Observatoire de Montsouris dépense en des études remarquables, mais qui ne préjugent rien.

Il semble en effet que, d'après ce qui vient de nous être dit, les eaux visées se présentent dans des conditions contraires à celles dont on peut attendre la limpidité, la pureté, l'égalité de température et toutes les qualités à demander à une bonne eau potable.

Si donc on tient compte de la nécessité d'élever ces eaux, de les amener, de les filtrer à leur arrivée ; si l'on tient compte, en outre, de l'opposition formelle des habitants du bassin de la Loire qui protestent contre un prélèvement diminuant notablement le débit de leur fleuve et rendant impossible le projet de la Loire navigable, on en vient à la nécessité d'envisager une autre solution ; et alors se présente comme seule possible celle à laquelle notre Collègue Duvillard a attaché son nom, a laquelle notre regretté vice-Président Badois a consacré tant de ses efforts et qui a l'assentiment d'un grand nombre d'Ingénieurs : l'adduction par la pente naturelle des eaux françaises du lac Léman, d'une pureté aussi constante qu'exceptionnelle, d'une température égale, et dont on peut fixer le volume de façon à répondre à tous les besoins de l'avenir.

M. Chardon croit donc, plus que jamais, après ce qui vient d'être dit des eaux du Loiret, à l'adduction future des eaux du Léman à Paris.

M. Bergeron répond qu'il a seulement voulu exposer les travaux de la Commission et les méthodes qu'elle a suivies; mais, pas plus que la Commission, il n'a formulé de conclusions.

Quant au projet du lac Léman, M. Bergeron se borne à rappeler qu'on lui a trouvé de grandes difficultés, notamment au point de vue diplomatique.

M. Chardon répond qu'il n'y a aucune difficulté diplomatique existant ou à prévoir.

M. P. Vincey rend hommage à la très intéressante communication

qu'on vient d'entendre. Il constate que M. Bergeron ne s'était pas attribué la mission de préconiser, pour l'alimentation de Paris, le captage du Loiret à sa source. M. Vincey ignore également si telle est la conclusion du fort remarquable travail de M. Marboutin, et de la Commission scientifique de Montsouris. Il constate pourtant, d'après ce qui vient d'être dit de la géologie et de l'hydrologie profonde de la région du val d'Orléans, que la rivière du Loiret, en quelque sorte, n'est qu'un bras de la Loire, qui vient émerger à la source du Miroir, après un parcours souterrain.

Des travaux si concluants de M. Marboutin, il résulte, en effet, que la Loire, dans son lit même, par engouffrement dans des bétoires multiples et invisibles, perd d'abord une partie de ses eaux, en amont du Loiret. Sans filtration terrienne connue, ces eaux circulent ensuite, profondément et en masses captives, dans des cavernes du calcaire de Beauce. A cause de la dénivellation du sol, ces eaux profondes réémergent, enfin, à l'origine du Loiret, en des mardelles visibles ou non.

M. Vincey ajoute, qu'entre les bétoires indéterminés du lit de la Loire et les mardelles du Loiret, les eaux du fleuve ont fort peu ou pas du tout filtré au travers de masse de terrain. Le Loiret n'est donc autre chose qu'un simple bras d'émergence, résultant de la réunion ascendante de nombreux canaux souterrains des eaux non filtrées de la Loire. Ce qui le prouve surabondamment, après les travaux de M. Marboutin, c'est la qualité même de ces eaux, au triple point de vue physique, chimique et bactériologique, qui est identique dans les deux cours d'eau.

Pour M. Vincey, on commettrait une très grave erreur si l'on considérait les eaux de l'origine du Loiret comme des eaux de source. Ce sont tout bonnement des eaux de rivière non filtrées, ou plutôt de fleuve, de la Loire. A cause des grandes variations dans le niveau de la Loire, les eaux de ce fleuve sont tout particulièrement sujettes à des causes de pollution organique, notamment aux époques de débordement.

M. Vincey dit enfin, bien que cet objet soit étranger à la communication si instructive de M. Bergeron, qu'il n'est pas besoin, pour procurer de la simple eau de rivière à Paris, d'aller chercher si loin que les prétendues sources du Loiret.

M. Bergeron répond qu'il ne faut pas poser en principe : Ce sont des eaux de rivière, nous n'en voulons pas. Lorsqu'une eau de rivière a été épurée, elle vaut autant qu'une autre. S'il est démontré que les eaux de la Loire, en passant dans les calcaires, se soient épurées aux points de vue technique et bactériologique, elles sont aussi bonnes que nos meilleures eaux.

M. Lévy-Salvador dit que la Ville de Paris ne peut pas prendre l'eau où elle veut et qu'il y a de très grandes oppositions.

M. Bergeron fait remarquer qu'il n'a traité que le point de vue scientifique de la question et qu'il n'a pas voulu s'occuper de la solution pratique adopter dans le choix de telle ou telle source ou rivière.

M. le Président dit que les applaudissements de nos Collègues viennent de devancer les remerciements qu'il adresse à M. Bergeron pour la

clarté, la méthode avec laquelle il a exposé les travaux fort intéressants de la Commission de l'Observatoire de Montsouris et l'en remercie, il remercie également tous ceux qui ont pris ensuite la parole, ainsi que M. le Maire d'Orléans qui a bien voulu venir assister à la séance, et il félicite notre Collègue M. Marboutin dont les remarquables travaux ont été ainsi mis en lumière.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. A.-L. Bérard, E.-L.-R. Charton, H. de la Coux, M. Dumas, G.-H. Gin, Ch -M.-E. Gollier, L.-A. Liouville, L.-P.-E. Mesnil, A.-G. Pagès, A.-H. Puibaraud, comme Sociétaires Titulaires; et de :

M. B. Poron, comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. L.-Ch. de Bovée, A. Cambon, F. Crestin, E.-J. Defournel, L.-H. Ganeval, P. Kestner, L.-O. Weil sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM. R.-A.-Ch. Esnault-Pelterie, H.-L.-J. Piard, G. Rivière, comme Membres Sociétaires Assistants,

Et M. Ch.-E. Pawly, comme Membre Associé

La séance est levée à 11 heures 50 minutes.

Le Secrétaire,
J.-M. Bel.

ÉTUDE

SUR LES

GÉNÉRATEURS MARINS A TUBES D'EAU

ET A GRANDE PRODUCTION

PAR

M. E. DUCHESNE

Les générateurs à tubes d'eau ont pris rapidement une si large place dans l'industrie et la navigation, qu'une étude sur leurs conditions de fonctionnement séduit toujours les Ingénieurs et les Constructeurs qui en font l'objet principal de leurs occupations ou de leurs affaires.

En raison de ses nombreuses qualités, ce type prend successivement la place des autres systèmes, à part quelques applications tout à fait spéciales, comme, par exemple et pour citer une des plus connues, la chaudière de locomotive.

Ces générateurs à tubes d'eau, améliorés continuellement par les différents constructeurs qui s'en sont occupés, ont acquis, peu à peu, toutes les qualités des autres, tout en conservant les leurs; mais, cependant, il nous a semblé qu'il y avait encore à faire en reprenant la question de la manière suivante :

Tout d'abord le principe de l'appareil doit respecter :

1° La liberté des dégagements de vapeur;

2° La circulation libre de l'eau;

3° L'arrivée assurée de l'eau sur les surfaces vaporisatrices.

Et, pour son bon fonctionnement pratique, il faudra conserver :

4° La production économique;

5° La liberté des dilatations;

6° La facilité des réparations et nettoyages faciles.

Nous avons eu, dans notre carrière d'Ingénieurs, l'occasion de voir en fonction et d'étudier souvent tous les systèmes de générateurs connus, ou à peu près. Et nous avons pu nous faire cette opinion que le tube Field, peu incliné sur l'horizon, était

le plus susceptible de remplir les conditions énumérées ci-dessus. Mais nous avons tenu à rechercher de quelle façon la circulation s'établit dans ces tubes, employés par plusieurs constructeurs depuis Collet.

A vrai dire, la circulation dans les chaudières à tubes d'eau a donné lieu à de très nombreux essais, à des expériences répétées, fort intéressantes; mais ces expériences ont porté sur d'autres systèmes que le tube Field incliné.

Ce fut d'abord, dès 1831, le double vase de Perkins; puis, les expériences de Field lui-même; son double tube était vertical et il ne fonctionnait pas de la même façon que le tube incliné. Il y eût ensuite les expériences du tube en U de Babcock et de quelques autres, mais la situation respective des deux branches et la façon dont elles étaient chauffées ne se rapportent en rien à notre cas : Williams opérait sur des tubes verticaux. M. Bellens expérimentait sur des tubes peu inclinés, il est vrai, mais ils étaient simples et débouchaient, à leurs *deux extrémités*, dans des collecteurs; Yarrow travaillait sur des tubes en U, presque verticaux à deux branches, etc.

Mais, à notre connaissance, du moins, il n'existait aucune expérience relative au double tube peu incliné qui, pourtant, exige une étude spéciale en raison de la situation toute particulière de son retour d'eau, au point de vue de la chauffe.

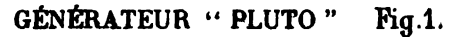
Nous avons voulu savoir ce qui se passerait et, pour mieux nous en rendre compte, nous avons fait construire un appareil composé d'une lame d'eau et de trois doubles tubes, le tout en verre, comme le représente la figure 1.

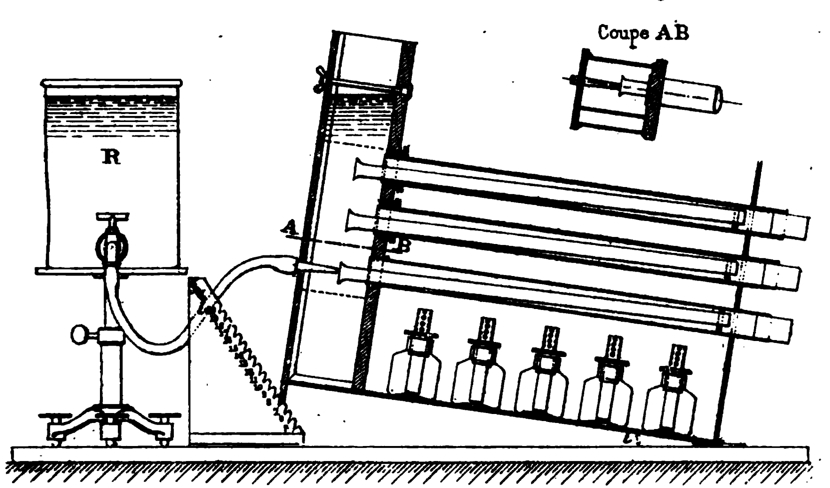
De plus, pour que l'eau chaude non vaporisée puisse redescendre et recommencer le cycle qu'elle doit parcourir jusqu'à vaporisation, nous avons établi, à 2 *cm* de la glace latérale, une deuxième glace qui va depuis la partie supérieure du tube supérieur, jusqu'à la partie inférieure du tube inférieur. Cette disposition a été adoptée pour que l'eau qui redescend ne trouble pas les mouvements de l'eau dans le double tube que nous voulions étudier tout d'abord. Nous verrons plus loin que dans les générateurs marins que nous avons construits, cela constitue un retour d'eau absolument efficace.

Comme on le voit sur la figure, l'appareil est fixé sur une plate-forme par une charnière du côté du bout libre des tubes, tandis que la lame d'eau repose de son côté, sur un coin gradué qui permet de donner aux tubes l'inclinaison que l'on désire.

Pour l'alimentation de l'appareil nous avons établi un ajutage qui entre dans la lame d'eau, en face du tube intérieur du bas, et y pénètre de 1 ou 2 *mm*; cet ajutage est relié par un tube de caoutchouc avec un vase à large section, que l'on peut hausser ou baisser de façon à placer le niveau de l'eau dans la lame à la hauteur que l'on désire.

Les tubes extérieurs, que nous appellerons vaporateurs, sont chauffés par de fortes lampes à alcool réglables. La lame d'eau est ouverte à la partie supérieure et, par conséquent, l'appareil fonctionne à la pression atmosphérique.


GÉNÉRATEUR " PLUTO " Fig.1.



Tel qu'il est, cet appareil nous a permis de procéder aux expériences qui suivent :

1° Mettre en évidence le sens de la circulation de l'eau dans les tubes et dans la lame d'eau.

Dans cette expérience, nous avons distingué les trois périodes principales de l'ébullition :

1° L'eau s'échauffe;

2° Les gaz dissous se dégagent en bulles;

3° Les bulles de vapeur apparaissent.

La circulation se dessine aussitôt que les lampes sont allumées. Pour la rendre visible nous avons projeté, dans la lame d'eau, de la sciure de chêne, très légèrement plus lourde que l'eau, mais si peu, qu'elle se laisse entraîner par le moindre courant.

Cette circulation est d'abord lente, mais, dès le début elle

présente indiscutablement le sens descendant pour le tube intérieur ou alimentateur, et le retour à la lame d'eau par l'espace annulaire du tube vaporateur. Pendant cette première période, ce mouvement ne peut être dû qu'à la différence de densité provenant, elle-même, de la différence de température entre les deux colonnes remplissant le tube alimenteur, d'une part, et l'espace annulaire, d'autre part (et remarquons, en passant, que le fait d'avoir un évaporateur en verre est une cause de ralentissement du mouvement de descente de l'eau dans le tube intérieur, parce que la chaleur *lumineuse* des lampes agit sur cette eau en traversant les deux tubes de verre. Nul doute que cette vitesse de descente ne soit plus accentuée si le tube extérieur était opaque. Nous verrons, d'ailleurs, un peu plus loin, qu'il en est bien ainsi).

Au bout de quelques instants, des bulles d'air en dissolution se dégagent et la circulation s'accélère un peu, mais elle n'est pas assez rapide pour entraîner dans son mouvement les quelques bulles isolées qui se dégagent aussi dans l'alimenteur.

Il faut remarquer, en fait, que ces bulles ne sont pas noyées dans le liquide, mais bien appliquées et allongées le long de la génératrice supérieure du tube; dès lors, l'effort que l'eau descendante peut exercer sur elles est très atténué. Ces bulles se dégagent donc dans la lame d'eau non cloisonnée, ce qui n'offre aucun inconvénient.

Enfin, la vapeur commence à se dégager dans l'espace annulaire seulement et, dès lors, la circulation devient très active. Elle conserve son sens quelle que soit l'activité du feu et elle reste uniforme, *sans dégagement pulsatif de vapeur*. Nous avons voulu augmenter l'intensité de la chauffe pour voir ce qui arriverait ensuite, mais notre tube de verre inférieur s'est rompu. Nous nous y attendions, et nous l'avons remplacé par un tube d'acier, puis nous avons recommencé nos expériences.

Dans la première période (échauffement de l'eau), nous avons noté que l'eau se précipitait plus vite dans le tube alimentateur que nous avons laissé en verre, et qui, par conséquent, nous permettait de constater cette vitesse dans sa partie qui déborde la plaque tubulaire : la chaleur lumineuse était supprimée pour le tube alimentateur.

Dans la deuxième période (dégagement des bulles de gaz), le même effet se produisit pour la même cause, et les bulles sortirent plus nombreuses du tube extérieur en fer. Enfin, dans la

troisième période, nous avons augmenté la flamme et le nombre de nos lampes, et nous avons obtenu un dégagement violent de bulles énormes, tandis que l'alimentation par le tube interne se faisait avec une vitesse de plus en plus considérable et, au bout de quelques minutes, alimentation et dégagement de vapeur étaient devenus parfaitement réguliers et continus. Dans cette période nous avons constaté que des bulles de gaz ou de vapeur sortaient *en petit nombre* le long de la génératrice supérieure du tube intérieur et s'élevaient ensuite dans la lame d'eau.

A cette allure, nous avons observé que l'eau pénétrait sans la moindre difficulté et avec vitesse dans les tubes alimentateurs des deux vaporateurs de verre placés au-dessus du premier, les grosses bulles de vapeur provenant du tube inférieur contournant ces tubes alimentateurs.

En comparant cet appareil d'essais à un générateur d'acier construit d'après ce système et fonctionnant à 15 ou 20 *kg* de pression, nous voyons que le premier se trouve dans de plus mauvaises conditions que le second, car le diamètre des bulles comparé au diamètre des tubes alimentateurs est bien plus fort dans le premier cas. En outre, les bulles de vapeur, à la pression énoncée, ont un diamètre beaucoup plus petit (c'est calculable) tandis que le diamètre des alimentateurs est beaucoup plus grand.

Notre appareil d'essai nous donne donc des indications pour toutes les allures de combustion et nous prouve que la circulation naturelle est assurée dans tous les cas avec une vitesse plus que suffisante, sous réserve, toutefois, de l'angle des tubes avec l'horizon. Nous y reviendrons plus loin.

Nous avons ensuite examiné ce qui se passait dans la lame d'eau et nous avons noté que l'eau s'élevait doucement dans la partie qui est en face les tubes, tandis que la vapeur se dégageait vivement; à l'allumage, ce mouvement se dessine assez lentement et forme contraste avec l'activité de la circulation dans les tubes, puis l'eau redescend, lentement aussi, par le retour latéral pour passer horizontalement dans la lame centrale, sans descendre plus bas que le can inférieur de la glace qui forme le conduit de retour à ce niveau, on voit une séparation nette de l'eau froide inférieure et de l'eau chaude qui la surmonte.

Enfin, aux plus fortes vaporisations, l'eau de la partie basse n'est jamais agitée d'une façon très violente et la sciure s'amasse peu à peu à la partie inférieure de cette lame d'eau.

2° Notre appareil nous permet de vérifier la théorie de M. Brillié sur la circulation de l'eau dans les chaudières.

On met en communication le réservoir R (*fig. 1*) avec la lame d'eau, par l'ajutage d'alimentation, et quand on allume les lampes successivement, on voit graduellement l'eau de la lame s'élever au-dessus du niveau du réservoir. Cette dénivellation augmente considérablement dès que des bulles commencent à se dégager, et cela d'autant plus que la vaporisation est plus active.

Cette différence de niveau est due en partie à la différence de température des deux colonnes; elle peut se calculer comme suit :

$$d = h \frac{\delta_t - \delta_T}{\delta_t};$$

dans cette formule h désigne la hauteur d'eau dans la lame au-dessus de l'ajutage d'alimentation, t et T les températures du réservoir et de la lame, δ_t et δ_T les densités de l'eau correspondantes.

Cette différence de niveau est due, aussi, à la vitesse d'ascension dans la lame ; la dénivellation correspondante qui serait de signe contraire à la précédente serait $\frac{V^2}{2g}$, V étant la vitesse moyenne de l'eau dans le plan horizontal de l'ajutage.

Ces deux causes réunies donneraient une dénivellation totale $h \frac{\delta_t - \delta_T}{\delta_t} - \frac{V^2}{2g}$, qui ne dépendra, une fois l'appareil en route, que de la vitesse de circulation et qui diminuera lorsque cette vitesse augmentera.

Or, quoique les mesures que nous pouvons relever ne puissent avoir une grande précision, on constate que la différence de niveau est très supérieure à celle calculée ci-dessus et qu'elle augmente avec la vaporisation.

C'est qu'il y a une autre cause de dénivellation que nous n'avons pas encore signalée, et qui, cependant, est prépondérante : c'est la présence des bulles de vapeur *qui ont un mouvement ascensionnel par rapport au liquide environnant.*

Il y a longtemps que Babcock avait mis ce phénomène en évidence et qu'il avait donné une conclusion juste, mais qu'il appuyait, pourtant, sur une théorie erronée : c'est que la pression exercée par une colonne liquide renfermant des bulles gazeuses ascendantes doit s'évaluer en prenant, non pas le poids

spécifique du liquide, mais bien celui du mélange du liquide et des bulles du mucilage, comme il disait, dans le cas particulier de la vapeur et de l'eau.

Mais M. Brillié a établi, dans sa théorie analytique de la circulation de l'eau dans les chaudières que, en effet, dans le cas où le mouvement ascensionnel des bulles est uniforme, la résultante des pressions sur le fond d'une éprouvette à parois verticales est égale à la somme du poids du liquide et du poids des bulles, et *très différente de la pression statique* correspondant à la hauteur de l'eau dans l'éprouvette. Ceci explique la dénivellation observée et le sens de sa variation.

On peut même tirer de là d'utiles indications pour l'établissement des tubes de niveau des générateurs qui ne donnent jamais le niveau exact.

Je crois même utile d'insister sur ce phénomène car, suivant l'intensité de la chauffe et par conséquent suivant la quantité des bulles de vapeur dans le mélange, dans l'émulsion, la différence de hauteur entre l'eau du tube de niveau et celle de la lame est surprenante à première vue.

Je citerai le cas d'un générateur que nous venons de construire, destiné à subir les chauffes les plus violentes; il n'a que 60 m^2 de surface de chauffe et, pourtant, nous avons été obligés d'établir des tubes de niveau à deux hauteurs différentes, qui nous servent, l'un ou l'autre, suivant l'allure de combustion adoptée.

Pour fixer les idées, si nous voulons qu'à une combustion de 100 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, nous produisions de la vapeur sèche, le niveau de l'émulsion sera au milieu du réservoir, mais le niveau dans le tube indicateur sera environ 40 *cm* plus bas — si nous ne brûlons que 30 *kg*, par exemple, la différence n'est plus que de 10 à 15 *cm*, et nous nous servons du tube supérieur.

3° On peut enfin reprendre les expériences pour diverses valeurs de l'inclinaison des tubes.

La vitesse de circulation dépend de la hauteur verticale des deux colonnes de densités différentes. Nos expériences nous l'ont clairement démontré — elles ont été effectuées entre 5 degrés et 20 degrés avec l'horizontale.

Nous avons procédé de deux façons :

D'abord en chauffant jusqu'à l'ébullition, pour chaque valeur

de *i* (*i* angle d'inclinaison), ensuite en faisant varier *i*, une fois le régime d'ébullition bien établi.

La première série d'expériences nous a permis de constater que la circulation démarre d'autant plus vite que l'inclinaison est plus grande, ce qui se conçoit, car, tant qu'il n'y a pas ébullition, cette vitesse, pour une allure de combustion déterminée, est proportionnelle à la différence de niveau des deux extrémités du vaporateur.

La deuxième série indique nettement une augmentation de la vitesse avec l'inclinaison.

Cette vitesse, dans le tube intérieur fut de 5 à 20 *cm* par seconde, sans que nous ayons cherché à la mesurer exactement; mais, ce qui augmente fort vite, même pour une faible variation de l'angle d'inclinaison, c'est la vitesse de dégagement de la vapeur.

Pour les inclinaisons faibles, les bulles de vapeur se groupent le long de la génératrice haute du tube extérieur, et se dégagent lentement, en suivant cette génératrice — elles entrainent l'eau uniquement par frottement. Ce sont de mauvaises conditions de fonctionnement. Mais, aussitôt que l'angle augmente, la vapeur se dégage de plus en plus vite et de plus en plus facilement. Et cette liberté de circulation présente le grand intérêt d'augmenter le rapport de la quantité d'eau à la quantité de vapeur contenues dans le tube, et, par cela même, de diminuer les chances de surchauffe du métal. Après des essais nombreux, une inclinaison de 8 degrés nous a paru donner une circulation d'eau satisfaisante et un dégagement de vapeur très rapide. Avec 10 degrés, nous avons obtenu des résultats tels qu'aucune intensité de chauffe n'est à redouter.

Enfin, des expériences antérieures nous ayant démontré que l'alimentation des tubes intérieurs se faisait parfaitement sans que la lame d'eau soit divisée en deux compartiments par une cloison parallèle à la plaque tubulaire, nous avons, comme on le voit, construit notre appareil sans cloison, ni rien d'équivalent. Mais, de plus, nous avons voulu nous confirmer dans notre opinion, que le tube alimentateur était fort utile. Nous avions entendu dire que ce tube ne servait à rien et, pour nous en rendre compte, nous avons repris la chauffe aux différentes inclinaisons, après avoir enlevé le tube intérieur.

Tant qu'il n'y a pas ébullition, on constate seulement des tourbillons locaux, s'élevant verticalement, c'est-à-dire dans le

sens du diamètre du tube, mais *sans aucun courant net* de circulation. Dès que l'ébullition commence, le dégagement se fait d'une façon intermittente : les bulles se groupent en trois ou quatre grosses poches de vapeur immobiles, qui augmentent de volume jusqu'à remplir le diamètre du tube, et se dégagent ensuite brusquement. L'eau rentre alors d'un seul coup; les poches se reforment, le dégagement se fait brusquement et ainsi de suite; et ces poches deviennent de plus en plus encombrantes avec l'augmentation de l'inclinaison: on le voit, cette vapeur n'est pas émulsionnée avec l'eau, et le métal des tubes travaille dans de mauvaises conditions, surtout s'il s'agit d'une combustion active.

Nous sommes à la disposition de nos Collègues pour exécuter devant eux ces expériences, quand ils en manifesteront le désir.

Ces résultats d'expériences nous ont donc prouvé que la vitesse de circulation est importante à différents points de vue :

1° Rapidité de transmission des calories de la surface chauffée à l'eau à vaporiser;

2° Entraînement des bulles de vapeur dès leur formation;

3° Diminution de l'écart entre la température de l'eau et celle de la surface mouillée;

4° Impossibilité relative des dépôts aux endroits soumis à l'action du feu.

Dès que la vaporisation devient un peu active, la transmission de la chaleur se fait à un mélange d'eau et de vapeur où la proportion de vapeur peut être assez grande. Or, un matelas de vapeur formé de bulles très rapprochées, adhérentes à une surface métallique, isole cette surface presque complètement. Nos tubes inclinés faiblement sont dans de bonnes conditions, parce que les bulles se forment principalement à la partie inférieure, d'où elles tendent à se dégager naturellement; la circulation sera suffisante pour les détacher. Mais, pour les tubes du bas, elle devra être plus assurée, parce que le rapport de l'eau à la vapeur est moins grand.

Une circulation vive diminue l'écart de température entre le métal des tubes et l'eau à vaporiser. Mais il est moins nécessaire d'apporter à chaque instant de nouvelles quantités *d'eau fraîche*, que de fournir aux surfaces chaudes *autant d'eau* qu'elles peuvent en *vaporiser*.

En effet, dans les limites de température qui nous intéressent, la chaleur de vaporisation à t° :

$$R = 606.5 - 0,695\, t - 0,00002\, t^2 - 0,0000003\, t^3,$$

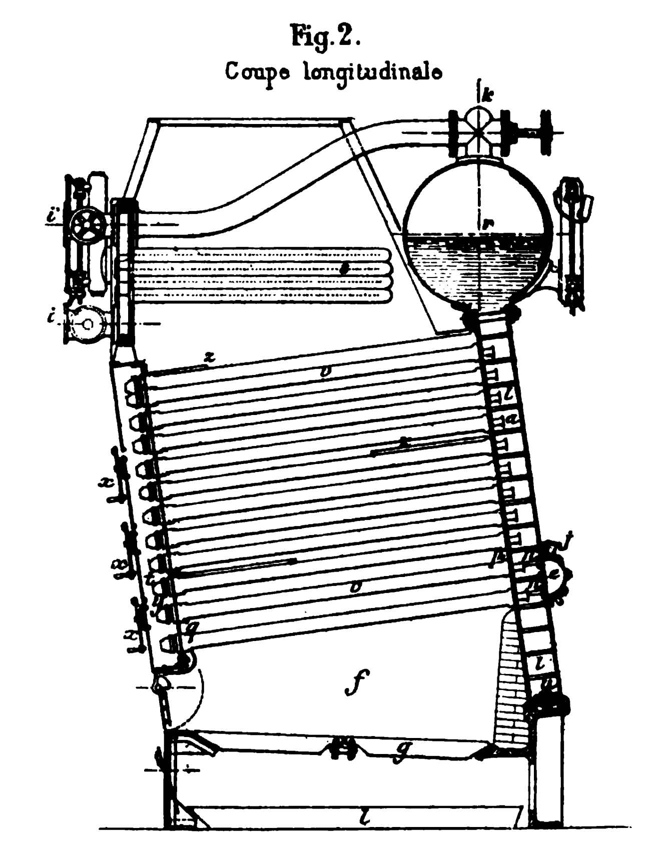
est bien supérieure à la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température du gramme de 0 degré à t°.

$$Q = t + 0,00002\, t^2 + 0,0000003\, t^3.$$

Quoique avantageuse, quand elle est élevée, la température de l'eau d'alimentation a une importance assez faible, comme on le voit. A partir du moment où la circulation est assez active pour ne pas laisser les surfaces métalliques manquer d'eau, on ne

Fig. 2.

Coupe longitudinale



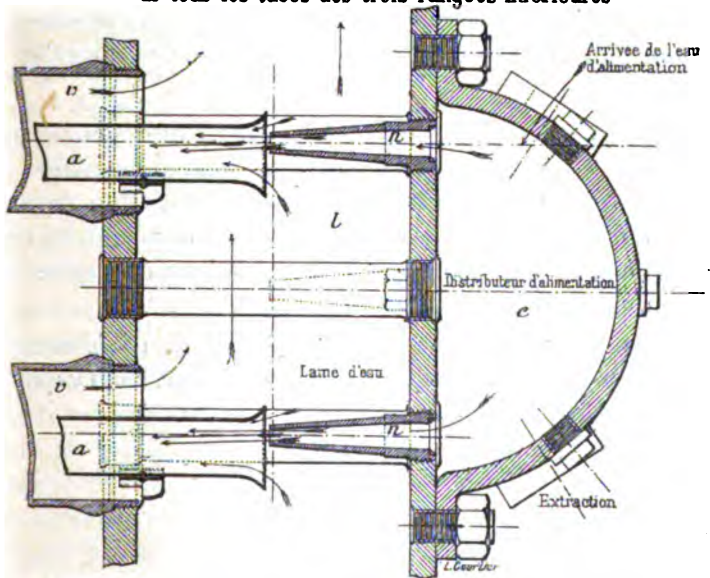
diminuera pas beaucoup la température de ces surfaces en augmentant cette vitesse, mais on gagnera en sécurité, surtout pour les tubes de coups de feu, parce qu'on augmentera la *proportion d'eau dans le melange d'eau et de vapeur.*

C'est ainsi que notre appareil montre un ajutage alimentaire en face le tube inférieur. En dehors de cette alimentation directe, nous avons constaté que la vitesse de circulation naturelle, à l'inclinaison de 8 degrés, est toujours suffisante pour que les surfaces métalliques ne manquent jamais d'eau; mais la proportion de vapeur est très grande dans le mélange, et l'on peut être près du coup de feu sans l'atteindre ; c'est pourquoi nous avons alimenté par le tube inférieur, le plus exposé.

A la suite de ces expériences diverses, nous avons établi notre générateur marin de façon à conserver la circulation naturelle dans chaque élément du faisceau tubulaire et à la forcer un peu dans chaque tube alimentateur des trois rangées inférieures (*fig. 2*). L'appareil se compose donc d'un faisceau de tubes Field inclinés

Fig. 3.

Disposition d'alimentation directe et individuelle de tous les tubes des trois rangées inférieures



de 8 degrés à 10 degrés sur l'horizon, vissé normalement dans la plaque tubulaire, d'une lame d'eau *l*, située à l'arrière, la façade se trouvant du côté de l'extrémité libre des éléments qui sont fermés par une culasse mobile vissée, elle-même, après le tube. Cette lame d'eau est surmontée d'un réservoir cylindrique R.

L'alimentation directe et individuelle des tubes des trois rangées inférieures est assurée par un distributeur d'alimentation *e*

qui reçoit, des pompes, l'eau alimentaire, et la répartit dans les tubes intérieurs par des ajutages *n* placés en regard de chacun d'eux :

Nous avons ainsi dans notre générateur trois circulations distinctes.

1° Circulation naturelle et *circulation forcée* pour les trois rangées inférieures;

2° Circulation naturelle pour les autres étages;

3° Circulation naturelle dans la lame d'eau.

Dans les tubes munis d'un ajutage d'alimentation, la circulation résulte de deux causes:

1° Le dégagement des bulles de vapeur;

2° L'arrivée de l'eau d'alimentation qui agit de deuxfaçons : par l'entrée dans l'alimenteur d'une certaine masse d'eau animée d'une certaine vitesse ou, pour préciser, par l'apport d'une certaine quantité de mouvement ; et par l'entraînement de l'eau de la lame dû au frottement des particules liquides et à la viscosité.

On m'a fait l'observation que l'eau ainsi introduite n'aura aucune action sur la circulation parce que cette eau débouchera sans vitesse notable par rapport à la vitesse de circulation naturelle. Un calcul élémentaire permet de se rendre compte que la vitesse obtenue peut être du même ordre de grandeur que celle de la circulation naturelle.

Supposons, pour un moment, que l'alimentation se fasse d'une façon continue; l'eau alimentaire, en remplaçant l'eau vaporisée, sortira des ajutages avec la vitesse

$$V = \frac{10^3}{3\,600}\, S\, q\, e\, \frac{1}{n\,\sigma},$$

en centimètres par seconde dans laquelle,

S est la surface de grille en mètres carrés,

q, quantité de charbon brûlé (en kilogrammes) par mètre carré de grille-heure,

e, rendement du générateur (poids d'eau en kilogrammes vaporisée par kilogramme de charbon),

n, nombre d'ajutages,

s, section d'un ajutage en centimètres carrés. Il est d'abord évident que V est proportionnel à l'allure de combustion.

En admettant, pour *e*, la valeur 8 qui n'a rien d'exagéré, et groupant les constantes, nous avons :

$$V = 2{,}216\, q \frac{S}{n\,\sigma}.$$

Supposons, par exemple, qu'on désire une vitesse de 30 *cm* à l'allure de combustion de 200 *kg*, il faudra :

$$n\,\sigma = S \times 14{,}77.$$

S définit la puissance du générateur.

Cette condition est toujours facile à réaliser en pratique, le diamètre des ajutages pouvant avoir de 5 à 15 millimètres de diamètre et n'étant, précisément, déterminé que par la condition de laisser sortir l'eau avec une vitesse donnée.

Il faut noter que nous avons admis un écoulement continu par ces ajutages. En réalité, il est pulsatif, et il est facile de s'assurer que dans ce cas la quantité de mouvement est supérieure, pour une même quantité d'eau alimentaire introduite.

L'augmentation de charge occasionnée par la substitution de n ajutages de section σ, à un seul ajutage de section $n\,\sigma$, est insignifiante.

La vitesse de circulation ainsi produite dans les vaporateurs inférieurs augmente avec l'allure de combustion, parce que les effets de chacune de ces deux causes augmentent avec la quantité de vapeur produite. Aux allures modérées, la première est prépondérante, mais la seconde n'est pas négligeable par rapport à la première comme nous venons de le voir, et, dans tous les cas, son effet est toujours positif : elle donne toujours un accroissement de vitesse. Et même, dans notre générateur de démonstration en verre qui est muni de cet ajutage d'alimentation, on distingue parfaitement cet accroissement, quoique les vitesses d'écoulement soient bien faibles. On les réalise en soulevant le réservoir de quelques centimètres.

S'il survient un arrêt momentané dans l'alimentation, nous retombons dans les conditions ordinaires de la circulation naturelle.

Aux allures forcées, les dispositions que nous avons adoptées maintiennent avec certitude l'alimentation des tubes inférieurs.

En négligeant toute autre cause d'arrivée d'eau, il est évident, par construction, que les ajutages, à eux seuls, fourniront plus d'eau qu'il ne pourra s'en vaporiser, puisqu'en appelant A la

quantité totale d'eau vaporisée pendant l'unité de temps, et en admettant, comme poids d'eau vaporisée par les différents étages, les pourcentages trouvés par MM. Niclausse et Dugé de Bernouville :

1er Étage 23,30 0/0
2e Étage 14,80 0/0
3e Étage 10,84 0/0

qui sont exacts, même si l'on brûle 300 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, on voit que, en partant du foyer : le 1er étage vaporise A $\times$ 0,233 et reçoit A $\times$ 0,333; le 2e étage vaporise A $\times$ 0,148 et reçoit A $\times$ 0,333; le 3e étage vaporise A $\times$ 0,1084 et reçoit A $\times$ 0,333, et nous ne tenons pas compte de la quantité d'eau de la lame entraînée par frottement du jet alimentaire, dans le tube alimentateur, qui ne sera jamais nulle, parce que ce jet alimentaire empêchera toujours une poche de vapeur de se former dans ce tube et de le vider en le remontant comme ferait un piston. Il empêchera la formation d'une telle poche pour deux raisons : 1° parce qu'il la divisera si elle se produisait, et 2° parce que l'eau alimentaire, étant toujours à une température assez basse relativement, condensera cette poche en s'échauffant elle-même à ses dépens. On le voit, cette disposition d'alimentation par ajutages individuels nous donne la certitude absolue d'éviter le coup de feu.

Nous faisons observer en passant que les expériences de MM. Niclausse et Dugé de Bernouville ont porté sur un nombre d'étages égal à 12 et un rapport $\frac{\text{surface chauffée}}{\text{surface grille}} = 30$.

Pour un nombre d'étages plus grand, *la vaporisation par étage serait diminuée* puisque les tubes du bas ne pourraient vaporiser davantage, tandis que la vaporisation totale serait augmentée, et, par ce fait, notre système d'alimentation produirait un effet encore plus efficace : nous voulons dire que le rapport de l'eau reçue à l'eau vaporisée par les tubes du bas serait augmenté avantageusement.

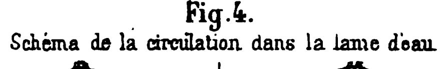
A l'allure de combustion de 300 *kg* de charbon par mètre carré de grille-heure, la vaporisation par le quatrième étage de tubes, d'après M. l'Ingénieur Dugé de Bernouville, n'atteint pas 70 *kg*, par mètre carré de surface de chauffe et par heure, celle du cinquième rang, 60 *kg*.

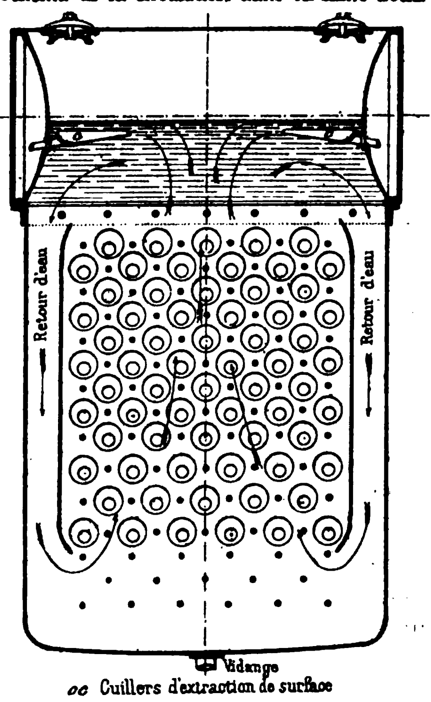
On aura donc toujours une vaporisation relativement tran-

quille, même en admettant qu'il faille relever les chiffres ci-dessus, et nous pouvons compter sur une circulation régulière parce qu'elle ne rencontre aucune gêne. Dans aucune partie du générateur, en effet, les courants d'eau ou de vapeur ne sont contrariés par quoi que ce soit.

Une des particularités des éléments supérieurs de notre générateur, c'est qu'ils sont indépendants, et que la circulation à leur intérieur est toute locale et ne dépend pas de la circulation générale. Nos expériences au moyen de notre appareil de verre nous ont prouvé, comme nous l'avons déjà dit, que chaque élément fonctionne comme s'il était seul. Nous avons d'ailleurs muni le tube alimentateur de chaque élément d'un pavillon qui permet une entrée facile de l'eau alimentaire, et qui divise ou écarte les bulles de vapeur provenant des rangées inférieures.

Quelques-unes ont tendance à entrer dans ce tube, entraînées au passage, par l'eau qui s'y précipite; elles ne parviennent pas à y pénétrer, soit que leur densité si faible s'y oppose, soit qu'elles soient condensées par cette eau alimentaire.


Fig.4.
Schéma de la circulation dans la lame d'eau



3° L'ascension continue des bulles de vapeur et l'alimentation par la partie inférieure déterminent, dans la lame d'eau, un courant ascendant. Le mouvement de l'eau est assez faible, et celui des bulles de vapeur est modéré, par le fait qu'elles sont obligées de contourner les entretoises qui les divisent et les empêchent de se grouper en énormes ballons. Il en résulte que le dégagement de la vapeur à la surface est assez tranquille; et si nous ajoutons, comme c'est le cas, un réservoir cylindrique à la partie supérieure de cette lame, nous obtenons une vapeur d'une siccité remarquable, à

condition de tenir le niveau à une hauteur inversement proportionnelle à l'intensité de la vaporisation, comme nous l'avons vu plus haut (*fig. 4*).

Mais si la vapeur qui provient de la lame d'eau peut se dégager, l'eau qui s'est élevée ne peut en faire autant, et cependant, tout ne s'est pas vaporisé dans ce trajet.

Comme il fallait éviter à tout prix un retour dans la même lame, nous avons ménagé, de chaque bord, un large conduit qui sert de retour d'eau; ils sont déterminés par deux cloisons en tôle, parallèles au cadre et à 12 et à 15 *cm* de celui-ci.

Ces tôles ont la hauteur du faisceau tubulaire, plus 5 *cm* en haut et en bas.

On le voit, cette disposition assure absolument la liberté de la circulation de l'eau *toujours dans le même sens* en deux circuits fermés. Elle présente, en outre, les avantages importants qui suivent, pour la séparation des matières en suspension ou en dissolution :

D'abord, l'émulsion de vapeur arrivant en grande quantité surtout par le centre de la lame d'eau rejette, en se dégageant, les impuretés qui flottent à la surface vers les deux extrémités, où nous avons placé, précisément, les extractions de surface dont l'action, par le fait, est d'une grande efficacité.

Les courants d'eau non vaporisée se trouvent naturellement infléchis vers les extrémités droite et gauche au-dessus des conduites de retour par lesquels ils redescendent vers la partie inférieure du générateur.

Lorsqu'ils arrivent à l'extrémité de la tôle qui limite le retour d'eau, leur vitesse diminue considérablement parce qu'ils trouvent à se répandre dans un espace beaucoup plus grand, et que l'eau d'alimentation débouche au-dessus. Toutes les matières en suspension vont donc descendre doucement et se déposer à la partie inférieure de la lame d'eau, ainsi que nous l'avons constaté dans l'appareil de verre. Elles ne risquent pas d'être entraînées de nouveau dans le circuit, n'adhèrent pas à la tôle peu chauffée à cet endroit et ne sont la cause d'aucun accident. Enfin, on peut les enlever par le robinet d'extraction de fond et par des ouvertures ménagées à cet effet, quand on vide le générateur. Nous ajouterons que la grande circulation dans les éléments chasse les dépôts qui tendraient à s'y former; ces dépôts sont déversés dans la lame d'eau, entraînés par la circulation ascendante, et enfin recueillis à la partie inférieure

des conduits de retour. Nous avons constaté, dans notre générateur de verre, que c'est lorsque la vaporisation est très lente, lorsque les feux sont très bas, que les dépôts se forment dans les vaporateurs. Ceci confirme ce que nous dit un jour notre Collègue, M. Hart, à propos des chaudières des bateaux de la Compagnie du Nord, savoir, que les dépôts se formaient, lorsque les chaudières bouillotaient, entre deux voyages, pendant l'arrêt au port sous petits feux.

Nous avons rappelé, au début de cette étude, trois qualités à réaliser dans la conception d'un générateur à grande production :

Liberté des dégagement de vapeur;

Circulation sans obstacles;

Arrivée assurée de l'eau sur les surfaces vaporisatrices.

Fig. 5.
Vue de face

Nous croyons, par ce qui précède, avoir satisfait à cette première partie du programme.

Il nous reste à montrer, que l'appareil, construit avec ces qualités, est en même temps économique et pratique.

Un élément capital du fonctionnement économique est la qualité de la combustion. Le foyer F de notre générateur est très vaste; la façade se trouvant du côté des culasses mobiles des tubes, la pente de la grille est en sens inverse de celle des premiers; le cube du foyer est, d'après cela, très grand. Latéralement, il est clos par des murs en briques, ou métal et coton minéral, amiante, etc. Entre ces derniers, cette tôle est percée de trous de 36 à 40 *mm* de diamètre qui servent au ramonage en y introduisant la lance à vapeur. Quelques-uns d'entre

eux sont utilisés pour laisser rentrer de l'air à l'intérieur du faisceau tubulaire.

Cet air est admis et dosé par des régulateurs de combustion à tiroir X placés sur les portes de la devanture. Il est conduit au milieu des gaz en combustion par des tubes formant chicanes creuses, reposant sur les tubes vaporateurs, aux endroits où elles sont nécessaires. Ces tubes chicanes sont introduits et mis en place par les trous percés entre les tubes vaporateurs sur la tôle T. Nous avons été conduits à ces dispositions par les considérations suivantes :

Il est très important, pour avoir une combustion complète, d'assurer un mélange intime des gaz combustibles avec l'air qui doit les brûler.

Mais cet air, il faut le doser, car nous savons la quantité minimum nécessaire à une complète oxydation des gaz de la houille. Nous en donnerons un peu plus, mais il faut éviter tout excès qui, entraîné dans la cheminée à une température de 300 à 400 degrés, constitue, sans compensation, une véritable perte de calories.

Si nous recueillons les gaz à la base de la cheminée, pour les analyser à l'appareil Orsat, nous reconnaîtrons l'excès d'air à la présence de 5 à 6 0/0 d'oxygène. Nous reconnaîtrons également cet excès d'air à la difficulté de maintenir la pression tout en brûlant une suffisante quantité de charbon.

Tout au contraire, le manque d'air se reconnaîtra par la présence d'une forte quantité d'oxyde de carbone et la fumée sera épaisse et noire.

Étant donné qu'on veut brûler une certaine quantité de charbon par mètre carré de grille-heure avec un tirage fixe déterminé par cette quantité de charbon dont l'expérience nous a enseigné à tenir la couche d'une épaisseur assez faible, nous pouvons arriver à une combustion satisfaisante comprise entre les combustions défectueuses que nous venons de signaler, par le dosage exact de la quantité d'air nécessaire.

Si cet air est admis uniquement sous la grille, l'ouverture des portes de cendrier active la combustion à la *surface de la grille*, mais la proportion d'air augmente peu dans le fourneau, et les carbures d'hydrogène qui distillent des couches de charbon frais s'échappent sans brûler.

En admettant l'air sur la grille, en pratiquant des ouvertures dans les autels et les portes de foyers pour y introduire jusqu'au

tiers de la quantité totale, on a obtenu des combustions meilleures.

Pourtant, cette solution laisse à désirer pour deux raisons : 1° l'air est admis en bloc, pour ainsi dire; il n'est pas réparti au milieu des gaz; il se précipite vers la cheminée sans se diviser, est entraîné sans utilité et donne lieu à la perte de chaleur que nous avons signalée plus haut;

2° Il arrive froid au contact des gaz et risque de les éteindre, en particulier les hydrocarbures, au lieu de compléter leur oxydation; il est encore plus nuisible.

Ceci nous montre donc la nécessité de doser exactement la quantité d'air admis, de l'échauffer avant son contact avec les gaz combustibles et de le répartir dans le faisceau tubulaire.

C'est ce que nous avons réalisé dans notre générateur. L'air mesuré par les régulateurs de combustion s'échauffe dans le parcours des chicanes creuses et arrive au contact des gaz en de nombreux points faciles à choisir dans la chambre de combustion en faisant varier l'emplacement et la longueur des tubes chicanes.

En outre, cet air arrive avec une vitesse de direction normale à celle des gaz et produit, en fait, le brassage indispensable.

Les ouvertures O qui ne reçoivent pas de tubes chicanes sont fermées par des obturateurs mobiles à volonté.

On nous objectera que cet air est encore pris froid, et chauffé rapidement aux dépens des gaz du foyer. Mais son élévation de température ne se fait que successivement et par toute la surface des tubes chicanes : donc il refroidit très peu un filet de gaz déterminé, tandis qu'il pourrait éteindre une masse de gaz considérable s'il arrivait par un seul jet. Au surplus, ces tubes chicanes ont une certaine épaisseur et forment, en fait, un petit volant calorifique suffisant pour en assurer le bon fonctionnement.

On nous a fait l'observation que ces admissions d'air seraient inefficaces et ne rallumeraient pas les hydrocarbures éteints par leur contact avec les premiers étages de tubes vaporateurs. Pour y parer, nous avons écarté un peu plus les trois premiers étages de vaporateurs, et nous avons placé le premier rang de chicanes assez bas pour fournir à temps de l'oxygène aux hydrocarbures, qui dès lors continuent à brûler au lieu de s'éteindre, ce qui permet à la combustion de s'achever jusqu'en haut du

faisceau tubulaire comme nous avons pu le constater par les ouvertures O de la partie supérieure.

Cet ensemble de dispositions est complété par un jeu de chicanes Z, très mobiles, formées de bouts de tubes, de fer rond, ou de cylindres en terre réfractaire que l'on passe par les ouvertures de ramonage et qu'on laisse reposer sur les tubes vaporateurs dont elles bouchent les intervalles où on le juge nécessaire.

Le réglage de la combustion d'un générateur comprend donc deux parties :

1° Disposer le générateur pour une allure de combustion déterminée. Ce réglage se fait une fois pour toutes si le fonctionnement du générateur doit être régulier;

2° Régler, à chaque chauffe nouvelle, la combustion suivant la vaporisation demandée, la qualité du combustible et les circonstances atmosphériques dont les variations se font sentir sur le tirage.

Premier réglage. — L'allure de combustion peut varier dans des limites assez larges; on obtiendra la résistance du faisceau tubulaire correspondant à une allure et à un tirage déterminé, en disposant convenablement les chicanes, ce qui est facile à cause de leur mobilité extrême.

Nous ne prétendons pas que le rendement sera le même à toutes les allures; mais on aura toujours le rendement *maximum* qu'il est possible d'obtenir d'un générateur donné à l'allure pour laquelle il est établi. Quelques tâtonnements permettront de placer les chicanes de façon à obtenir ce résultat, et il suffira de repérer leurs positions.

Deuxième réglage. — Dans ce deuxième réglage, le chauffeur, pour se guider, aura deux caractéristiques très nettes : l'aspect de la fumée et l'aiguille du manomètre.

Les feux étant allumés avec les régulateurs de combustion fermés et les cendriers peu ouverts, le chauffeur admet, peu à peu, de l'air dans le faisceau en ouvrant progressivement ses régulateurs; l'aiguille du manomètre monte immédiatement et la fumée disparait instantanément.

Le chauffeur est averti qu'il a été trop loin s'il voit l'aiguille du manomètre baisser de nouveau.

Pratiquement, le régime est très vite établi; et si l'on a soin d'observer quelques précautions, comme, par exemple, de conduire la chauffe d'une façon régulière en chargeant les

grilles par petites quantités à la fois, on peut compter sur un fonctionnement économique et parfait.

Le générateur ainsi conduit est réellement fumivore; c'est là une qualité payée quelquefois très cher. Non seulement, dans notre générateur elle n'est pas obtenue par une dépense de combustible ou autre, mais elle résulte simplement de la bonne combustion facile et elle est économique.

Il est inutile, je pense, d'insister sur les avantages de cette fumivorité dans les villes ou dans la marine. Un navire de guerre a toujours besoin de dissimuler sa présence jusqu'au dernier moment, et il est trahi de loin par sa fumée; donc il faut la supprimer.

Les améliorations que nous avons décrites n'ont pas amené de complications dans la construction de l'appareil, tout au contraire, elles résultent visiblement de la simplicité de l'ensemble

Fig.6.
Détail d'un tube vaporateur

et des détails de montages et démontages. Nous y sommes arrivés par l'emploi du joint vissé. Par lui-même, ce joint n'est pas une chose nouvelle puisqu'il est employé sur de nombreux générateurs actuels bien connus de tous. Mais, jusqu'ici, on ne le considérait pas comme démontable en service courant. On craignait qu'au bout d'un certain temps le dévissage devienne impossible, ou que les filets se détruisent par corrosion.

Et en effet, si l'on ne prend pas de précaution pour garantir les filets du contact des gaz chauds ou de l'eau, la destruction du joint est rapide *(fig. 6)*.

Mais nous avons adopté une disposition spéciale qui nous permet de dévisser nos culasses mobiles aussi souvent que nous le jugeons utile pour le nettoyage des vaporateurs. Pour cela, entre les filets de vis et la portée conique, nous avons ménagé une gorge circulaire que nous remplissons, au moment du montage, de graisse fortement graphitée. Quand on visse à bloc, cette graisse pénètre dans les interstices et s'oppose absolument à l'oxydation. La même disposition est adoptée pour le joint du vaporateur avec la plaque tubulaire.

L'expérience pouvait, seule, déterminer pendant combien de temps la protection de la graisse graphitée serait efficace. A cet effet, MM. Daydé et Pillé, nos Collègues, ont établi dans leurs ateliers de Creil, en 1898, un générateur qui a subi les épreuves suivantes relatives, précisément, à la tenue de ces joints vissés :

Après des alternatives de marche et d'arrêt, ce générateur a été abandonné pendant une année, vide, exposé à toutes les actions destructives de l'air humide. Quelques tubes ont été dévissés tous les trois mois, d'autres tous les six mois. Trois d'entre eux, qui avaient été réservés, n'ont été dévissés qu'en 1903. Les surfaces de partage et les filets de vis ont toujours été trouvés gras, en parfait état de conservation et sans la moindre trace de rouille. Après les divers remontages, on n'a jamais eu de fuites, et nous avons recommencé les essais après avoir démonté tous les tubes et remonté lesdits sans précaution particulière.

L'expérience était concluante et l'on n'a pas hésité à conserver ce joint si simple et si commode pour les générateurs en construction, du moment qu'on était certain de sa tenue et de sa conservation parfaites.

Le pas, la profondeur et la forme du filet que nous avons choisis, comme aussi l'épaisseur de la plaque tubulaire de la lame d'eau procurent une sécurité complète contre le dévirage et l'arrachement. La précision du travail assure l'interchangeabilité de tous les éléments du faisceau tubulaire et des culasses mobiles entre elles.

La facilité de conduite et d'entretien de ce générateur découle naturellement des dispositions que nous avons adoptées dans sa construction si simple : on voit que les dilatations des éléments soumis à l'action du feu sont absolument libres, et par conséquent le générateur est insensible aux brusques variations d'allures comme aux rentrées d'air produites par l'ouverture des

portes des foyers, la mise à bas des feux, la vidange rapide ou l'allumage accéléré.

Le nettoyage des vaporateurs est d'une facilité extrême. Il suffit en effet de dévisser les culasses qui pèsent à peine plus de 1 *kg* et qui portent un carré spécial pour la clé *ad hoc*; d'enlever le tube alimentateur qui est simplement posé dans le vaporateur sans assemblage, et maintenu par ses chevalets. Le tube étant incliné d'arrière en avant, rien de plus simple que de faire tomber les boues sur le parquet de chauffe, et de passer la brosse ou la gratte si les dépôts sont un peu adhérents. On remet ensuite le tube intérieur en place, et l'on revisse la culasse mobile. De son côté, la lame d'eau est également facile à visiter et à nettoyer, car elle est munie des ouvertures nécessaires à plusieurs endroits; le distributeur d'alimentation est démontable au besoin, mais il peut être visité par des ouvertures placées en face les ajutages d'alimentation et fermées par une simple vis.

Le ramonage est facile et se fait en introduisant la lance à vapeur dans les ouvertures percées dans la tôle avant, comme nous l'avons déjà dit. S'il s'agit de remplacer un tube avarié pour une cause quelconque, on peut le faire sans difficulté, avec une rapidité incomparable. On ramone à la lance la plaque tubulaire autour du tube à remplacer, puis les tubes immédiatement autour du premier en même temps que lui-même. On le dévisse, on le retire, et on en pousse un autre à la place vers la plaque tubulaire en le soutenant par une selle en bois, la partie filetée se présente à sa place et il n'y a plus qu'à visser; le siège en bois brûle au premier allumage. On peut même se passer de cette petite selle de bois car le bourrelet du tube qui précède la portée conique protège le filet contre le frottement des tubes voisins.

Si, donc, on a quelques tubes de rechange à bord, on peut être certain de ne jamais être arrêté en mer de la faute du générateur, car le remplacement d'un tube ne prend pas plus de 5 minutes. Si le générateur était en marche, l'opération demanderait, en plus, le temps de la vidange et du remplissage après la mise en place du nouveau tube, soit de 30 à 40 minutes.

Cette opération, pour être faite si rapidement, exige des hommes exercés, j'en conviens, mais les générateurs ne doivent pas plus être confiés au premier venu que les machines elles-mêmes. Nous ne sommes plus au temps des chaudières à 2 *kg* de pression et nous ne pouvons tirer de la houille toutes les calories qu'elle peut céder que si nous voulons bien nous en donner la peine.

Pour terminer cette note, j'ajouterai que dans nos générateurs nous avons adopté un diamètre de 80 *mm* pour les tubes vaporateurs avec une longueur maxima de trente fois ce diamètre, pas plus, afin de laisser toute liberté à la circulation. Ces tubes sont superposés en dix-sept à dix-huit étages. Il va sans dire que, dans des cas spéciaux, nous augmentons ou diminuons ces chiffres.

La grille est vaste et comprend les 65 centièmes de la projection horizontale de l'appareil et permet par conséquent les grandes productions.

Nous donnons une épaisseur de 18 à 20 *cm* à notre lame d'eau mais elle est variable pour les cas spéciaux.

De même, cette lame est surmontée d'un réservoir cylindrique dont la capacité varie avec les différentes destinations du générateur.

Enfin nous avons établi un surchauffeur (*fig.* 2) sur le même principe que le générateur.

Il se compose d'une lame de vapeur située en façade ; une série de tubes horizontaux fermés à leur extrémité libre sont vissés dans la plaque tubulaire de cette lame de vapeur, ou même simplement tenus comme les tubes Field.

S'ils sont vissés, leur tenue est identique à celle des tubes vaporateurs : filetage, partie conique et gorge à graisse graphitée.

Mais ces tubes sont mis en place par la façade à travers la lame de vapeur, et par conséquent la tôle façade est percée de trous capables de laisser passer les tubes. Ces trous sont fermés par des bouchons filetés. Cette disposition permet de changer un tube au besoin sans rien démonter que ce bouchon. Des cloisons en tôle, placées dans le plan diamétral de ces tubes et continuées dans la lame, obligent la vapeur arrivant à la partie supérieure à parcourir successivement chaque tube en allant de l'avant à l'arrière, contourner l'extrémité de la cloison, puis de l'arrière à l'avant, pour passer ensuite dans le second étage qu'elle parcourt de la même façon pour passer dans l'étage inférieur, et ainsi de suite. On voit que cette vapeur traverse le surchauffeur en allant du haut en bas, c'est-à-dire de la partie la moins chaude à la partie la plus chaude, après quoi elle est envoyée dans les conduits aux machines.

Enfin nous signalerons que notre générateur peut se construire *double*. Nous dirons même que c'est sous cette forme que nous l'avons imaginé tout d'abord en essayant d'améliorer des chaudières marines à retour de flammes à deux têtes. Seulement, en

ce cas la forme de la lame d'eau change, elle est en V terminée, à la partie supérieure, par un demi-cylindre et, latéralement, par des tôles planes et armées. Chaque branche du V devient une plaque tubulaire et reçoit un faisceau de tubes vaporateurs et alimenteurs dont les trois étages du bas sont, de même, alimentés directement par ajutages individuels disposés d'une façon spéciale.

Ces générateurs simples et doubles peuvent se grouper de toutes les façons désirables à bord des navires pour utiliser au mieux les emplacements qui leur sont réservés.

Nous donnerons ultérieurement, lors de la discussion de ce mémoire, quelques résultats d'essais effectués actuellement sur un générateur destiné au remorqueur *Pluto*, ainsi que les principales caractéristiques de ce générateur.

ALIMENTATION DE PARIS
EN EAU POTABLE[1]

D'APRÈS LES

TRAVAUX DE LA COMMISSION DE PERFECTIONNEMENT
de l'Observatoire de Montsouris

PAR

M. J. BERGERON

L'eau étant venue à manquer à Paris au mois de septembre 1895, M. Humblot, inspecteur général des Ponts et Chaussées, chargé du service des eaux de la ville de Paris, présenta au Conseil municipal (séance du 4 novembre 1896), un rapport ayant pour but de le renseigner sur l'état présent de l'alimentation de la ville en eau de source et de rivière, et de lui soumettre un programme de travaux à exécuter, pour obtenir le complément d'eau nécessaire de manière à subvenir aux besoins présents et à venir.

A la suite de ce rapport, le Préfet de la Seine, par un arrêté en date du 15 juillet 1897, institua une Commission technique chargée d'étudier les diverses questions se rattachant à l'alimentation de Paris et de la banlieue en eau potable. Cette Commission eut à choisir entre de nombreux projets qui lui furent soumis de tous côtés; mais elle ne put se prononcer dans la plupart des cas, faute d'études préalables.

C'est alors que, par arrêté préfectoral en date du 1er mars 1899, fut instituée la Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris; elle comprenait, en effet, le personnel de cet observatoire, habitué depuis longtemps aux analyses chimiques et bactériologiques de l'eau, du sol et de l'air, et, de plus, des médecins, des chimistes, des géologues et des hydrologues.

Cette Commission commença par se dresser un programme d'enquêtes médicales et épidémiologiques, géologiques, chimi-

(1) Voir planche n° 61.

ques et microbiologiques, etc., concernant les projets proposés comme ceux déjà mis à exécution. Depuis sa fondation, cette Commission scientifique a publié une série de rapports faisant connaître les résultats de ses travaux.

Bien que n'ayant pas qualité pour le faire, je voudrais cependant donner à la Société une analyse des rapports relatifs aux études faites durant les années 1901 et 1902, rapports qui forment deux volumes in-4°, renfermant respectivement 612 pages et 417 pages. Notre Société a été déjà mise au courant des travaux de cette Commission par notre confrère, M. F. Brard, qui, dans la séance du 15 mars 1901, a analysé les rapports relatifs aux études de 1899 et 1900. Il m'a paru intéressant de voir les progrès réalisés depuis les débuts de son fonctionnement.

Si l'on compare entre elles les tables des trois volumes déjà parus, on est frappé de voir combien, d'une année à l'autre, les études de la Commission se sont multipliées et combien elles sont devenues variées. Toutes d'ailleurs ont leur raison d'être : primitivement, il ne s'agissait que d'examiner les eaux déjà captées et celles à capter; mais, étant donnée la difficulté qu'il y a à trouver des eaux de sources assez abondantes, la question de filtrage des eaux de rivières n'a pas tardé à se poser. D'autre part, les eaux d'épandages allant se jeter, après leur passage à travers le sol, dans des cours d'eau, il fallut connaître leur valeur à leur sortie des drains. C'est ainsi que chaque année a apporté dans le passé et apportera dans l'avenir de nouveaux sujets d'études.

Je n'examinerai pas ces rapports l'un après l'autre, ce qui serait trop long, vu le peu de temps dont je dispose; je crois d'ailleurs plus intéressant de constater où en sont les études de la Commission, car c'est cet état d'avancement qui nous importe, puisque c'est de lui que nous profitons.

Je suivrai dans cette analyse l'ordre qui a été adopté pour la classification des rapports, dans le volume où ceux-ci présentent le plus de variété. C'est ainsi que je passerai successivement en revue les études relatives :

1° Aux eaux déjà captées;
2° A celles qu'il est question de capter;
3° A la fitration des eaux d'alimentation;
4° A l'épandage des eaux d'égout.

I. — Études concernant les eaux déjà captées.

On sait que presque toutes, on peut même dire toutes les eaux servant à l'alimentation de Paris, sont susceptibles, vu leur gisement géologique, d'être contaminées par des infiltrations d'eau de surface. Théoriquement, pour qu'elles deviennent bonnes, il n'y a qu'à les protéger contre l'arrivée d'eaux polluées; mais, précisément, c'est là le difficile, c'est même l'impossible.

Pour s'en rendre compte, il suffit de voir comment la pollution peut se produire. Les assises calcaires d'où sortent les sources qui alimentent Paris, comme d'ailleurs celles qui alimentent la plupart des grandes villes, sont toutes plus ou moins fissurées, à la suite des mouvements de l'écorce terrestre. Ces fissures, qui atteignent en très grand nombre la surface du sol, sont tantôt visibles parce qu'elles correspondent à des bétoires (points d'absorption en rivière), ou à des mardelles (points d'absorption en plateau), en un mot, à des effondrements; tantôt elles ne se laissent pas reconnaître et, dans ce cas, elles n'en sont que plus dangereuses, puisqu'on ignore par où peut se faire l'infiltration et qu'on ne peut y remédier. Ces fissures aboutissent en profondeur soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres fissures, à des eaux souterraines qui reviennent au jour sous forme de sources. Pour protéger ces dernières, il faut commencer par connaître *toutes* les fissures qui peuvent communiquer avec elles. Rien à la surface du sol ne permet de prévoir ces relations. Pour savoir d'où viennent les eaux qui alimentent les ruisseaux coulant à la surface du sol, il suffit d'étudier la topographie de la région et de déterminer le bassin de réception du cours d'eau en suivant la ligne de crête; mais, pour les eaux souterraines, il en est tout autrement; elles traversent les massifs calcaires en suivant des fissures qui coupent indifféremment les reliefs ou les dépressions du sol, accidents qui sont purement superficiels; elles peuvent provenir, pour un même cours d'eau souterrain, de plusieurs bassins de réception, bien distincts à la surface.

Il n'y a donc rien qui puisse, d'avance, faire prévoir les régions dans lesquelles il faut chercher ces fissures. D'ailleurs, pour une même région, il y a lieu de présumer que toutes les fissures ne communiquent pas entre elles. Il faut donc les examiner une à une, et parfois sur des etendues considérables,

pour préciser celles qui peuvent être un danger pour des eaux d'alimentation. De plus, les expériences, permettant de reconnaître l'existence de communications entre telle fissure et telle source, donnent des résultats très différents suivant les saisons. En effet, suivant le niveau des eaux à l'intérieur du sol, il y a communication ou non entre certaines fissures. Des expériences, négatives à un moment, pourront être affirmatives à un autre; il faut donc, en certains points, renouveler les expériences en différentes saisons, et parfois même dans des conditions exceptionnelles. On comprend dès lors combien il doit être long d'établir ce qu'on appelle le *périmètre d'alimentation* d'une source, c'est-à-dire le périmètre à l'intérieur duquel les eaux de surface peuvent atteindre les eaux souterraines alimentant cette source. Ce n'est qu'à la suite d'expériences faites pendant plusieurs années sur les sources déjà captées pour la Ville de Paris, que l'on est arrivé progressivement à déterminer, avec une précision de plus en plus grande, leurs périmètres. D'ailleurs, jusqu'à présent, il ne semble pas qu'il y ait aucune source pour laquelle on ait pu établir le périmètre définitif d'alimentation.

Une fois ce périmètre même approximatif établi, quel parti peut-on en tirer ? Il est bien certain qu'il ne peut être question d'en boucher toutes les fissures. Ce serait d'ailleurs un travail sans fin, des bétoires et des mardelles se produisant chaque année. Mais il sert au service de surveillance médicale, qui, s'il ne met pas les eaux à l'abri de toute pollution, cherche du moins à les défendre, en agissant de la façon suivante. Le périmètre d'alimentation de toute source captée est divisé en secteurs ; un médecin habitant le pays est chargé de la surveillance de chaque secteur ; dès qu'un cas même douteux d'une maladie d'origine hydrique est signalé au voisinage d'une fissure connue, le médecin chargé de la surveillance du secteur correspondant prévient le service central à la tête duquel se trouvent les docteurs A.-J. Martin et H. Thierry, inspecteur général et inspecteur général adjoint de l'assainissement et de la salubrité de l'habitation de la ville de Paris ; en même temps, il prend toutes les mesures prophylactiques nécessaires.

Dans leurs rapports, MM. A.-J. Martin et H. Thierry signalent les cas qui se sont produits pendant les années 1900, 1901 et 1902 dans les périmètres d'alimentation des sources de l'Avre, de la Dhuis, du Loing et du Lunain, de la Vanne ; ils indiquent quelles précautions ont été prises et finalement comment il n'y

a pas eu propagation du mal. Le service médical a provoqué, en plusieurs points suspects ou dangereux, l'exécution de travaux destinés à éviter autant que possible la contamination. Malheureusement, comme le signalent les auteurs des rapports médicaux, ces travaux ne se font pas assez vite quand ils se font. D'ailleurs, ils sont toujours dispendieux et l'on ne peut en faire qu'un petit nombre, vu la modicité du budget qui leur est consacré.

Les résultats de cette surveillance seraient fort appréciables, si, comme le pensent les directeurs du service médical, c'est aux mesures qui ont été prises que l'on doit attribuer la cause du petit nombre de cas de fièvre typhoïde qui se sont produits à Paris dans ces dernières années.

En raison de ce que j'ai dit plus haut, on a continué l'étude des périmètres d'alimentation des eaux déjà captées. M. Dienert, docteur ès sciences a été chargé de la région de l'Avre et de celle du Loing et du Lunain ; M. Le Couppey de la Forest, ingénieur agronome, s'est occupé de la région de la Dhuis. Cette dernière dérivation, étant de celles qui ont été amenées le plus anciennement à Paris, avait besoin d'être examinée de très près avec les idées nouvelles sur la contamination des eaux souterraines. En effet, au moment du captage, on s'était arrangé de manière à faire arriver dans l'aqueduc la plus grande quantité d'eau possible au moyen de barbacanes sans chercher à savoir quelle pouvait être son origine.

A la suite d'une étude sur les sources de la Vanne et de l'Yonne, MM. Miquel, Cambier et Mouchet se demandent s'il n'y aurait pas avantage à aborder, dès maintenant, l'étude des méthodes d'épuration qui, en laissant aux eaux de la Vanne leurs qualités organoleptiques, les débarrasseraient des germes nocifs qu'elles peuvent parfois véhiculer. Il est de fait que c'est peut-être la ressource de l'avenir pour les grandes villes.

Dans toutes ces recherches on a eu recours à la fluorescéine et à la levure de bière pour déceler les communications entre les bétoires, mardelles, etc., et les sources.

A côté de ces études qui concernent pour ainsi dire la défense des eaux, il y en a d'autres, chimiques et bactériologiques, qui servent à contrôler l'efficacité des premières. Elles sont faites respectivement sous la direction de M. Albert Lévy, chef du service chimique, et de M. le docteur Miquel, chef du service bactériologique de l'Observatoire municipal de Montsouris. Il se peut

que, malgré les soins du service médical, une pollution arrive à se produire, soit que les précautions aient été insuffisantes, soit même qu'elles n'aient pas été prises, dans l'ignorance où ce service se trouvait de l'existence de la maladie. Il faut donc s'assurer à tout moment de la valeur des eaux, de manière à les recueillir tant qu'elles sont pures et les mettre en décharge dès qu'elles sont contaminées.

D'après le rapport publié par M. Albert Lévy en 1901, voici comment on procède pour l'analyse chimique des eaux servant à l'alimentation de Paris. Chacune des sources qui, par leur réunion constituent la Vanne, l'Avre, la Dhuis et le Loing, est analysée une fois par mois ; de la sorte il y a pour ce qu'on appelle la Vanne et qui correspond à dix sources, 10 prélèvements mensuels, pour l'Avre 10, pour la Dhuis 1, pour le Loing et le Lunain 9. Ces échantillons sont recueillis par un agent qui, après chaque visite, envoie une note sur l'état des sources et des aqueducs.

Quand les eaux arrivent dans les réservoirs de Paris, elles sont encore analysées. Chaque semaine, les lundi, jeudi et samedi, il est fait un prélèvement à l'arrivée des aqueducs. Enfin il est fait huit analyses par mois d'échantillons d eau provenant des mairies, des écoles communales, des fontaines Wallace. De plus, les eaux de toute maison dans laquelle ont été signalés des cas de maladies contagieuses sont analysées.

Ces analyses sont simplifiées du fait qu'il n'y a jamais pour chaque source qu'un petit nombre d'éléments dont les variations soient utiles à connaître.

Pour les études bactériologiques on fait, comme pour les études chimiques, des prélèvements réguliers, aux lieux de captage des eaux ainsi qu'aux bâches d'arrivée des aqueducs, tous les deux ou trois jours. On compte le nombre de colonies bactériennes par centimètre cube et l'on ne cherche à reconnaître, vu la longueur et la difficulté de l'opération, que certains bacilles, ceux que l'on tient le plus en suspicion. Parmi ceux-ci, il faut citer en première ligne le *bacille d'Eberth*, qui provoque la fièvre typhoïde ; actuellement, c'est celui dont on connait le mieux les effets dans nos climats ; c'est le plus redouté.

Le *bacille Coli*, que l'on rencontre toujours dans l'intestin humain, jouit également d'une mauvaise réputation, mais elle tient surtout au lieu où il se trouve. On lui a attribué autrefois des propriétés pathogènes qui, très vraisemblablement, ne lui

appartiennent pas. Sa présence indique simplement une venue d'eau superficielle peu épurée.

Pour chaque source, le nombre des colonies bactériennes a été très variable ; c'est ce qui résulte de l'examen des tableaux d'analyses. Mais cet examen devient peu rassurant quand on voit la fréquence du *bacille Coli*.

En effet, dans les eaux de la Vanne, 121 analyses bactériologiques ont permis de reconnaître la présence du *bacille Coli* 116 fois; il a donc été rencontré 95,8 fois sur 100. Pour les autres sources, on a trouvé les nombres suivants : Avre, 76,6 0/0 ; Dhuis, 39,6 0/0; Loing et Lunain, 30,7 0/0 ; ces dernières eaux sont donc les meilleures que reçoive Paris.

D'après les mêmes tableaux, il ne semble pas qu'il y ait une relation quelconque entre le nombre des bacilles et la présence du *bacille Coli*.

M. le docteur Miquel, dans l'étude bactériologique qu'il donne de chaque source ou groupe de sources, met en relief ce fait que chacune d'elles peut se comporter différemment des autres au point de vue bactériologique ; malheureusement, il suffit que le *bacille Coli* ait été amené par un des griffons pour qu'il puisse se perpétuer pendant fort longtemps dans les aqueducs qui reçoivent les eaux de tous les griffons d'une même région.

Toutes les variations observées dans les teneurs en bacilles peuvent s'expliquer par des arrivées d'eau en relation soit avec les changements de saisons, soit avec des crues locales, amenant des communications souterraines non habituelles.

Il est à noter que même, lorsque se sont produits plusieurs cas de fièvre typhoïde signalés par le service médical au voisinage de sources ou de bétoires, les eaux qui arrivent à Paris ne présentaient pas d'augmentation dans la fréquence du *bacille Coli*. Ce fait montre combien les mesures prophylactiques prises ont été efficaces.

La surveillance ne s'exerce pas seulement sur les eaux du périmètre d'alimentation des sources et sur les sources mêmes, mais encore sur leurs canalisations. A la suite de ces études, il ne semble pas que la fréquence du *bacille Coli* soit supérieure dans les conduites à ce qu'elle est à l'arrivée au réservoir.

De tout ce qui précède ressort le soin avec lequel les eaux d'alimentation de Paris sont surveillées. Mais il semble, cependant, que l'on pourrait apporter quelques améliorations au service des analyses. Pour la facilité de surveillance et surtout, sans

doute, par raison d'économie, toutes les analyses chimiques et bactériologiques sont faites à Paris. Nous avons vu que les chances de contamination des eaux, depuis les sources jusqu'au robinet pour ainsi dire, sont nulles; c'est donc aux sources mêmes que les eaux présentent leurs caractères. C'est donc là qu'il faudrait les examiner, les analyser à chaque point d'émergence, et chaque jour, de telle sorte que l'on puisse mettre en décharge les eaux d'un griffon reconnues polluées avant qu'elles n'aient atteint les aqueducs collecteurs. C'est d'ailleurs la précaution que l'on prend lorsque, après des orages ou des périodes de pluie, les eaux arrivent troubles. Mais une eau transparente peut être aussi dangereuse qu'une autre qui ne l'est pas, et c'est l'analyse seule qui permettra de se rendre compte de sa valeur. Comme il faut cinquante heures pour qu'une eau arrive de sa source à Paris, c'est pendant ce laps de temps que les analyses devront être faites, et si les eaux sont reconnues contaminées il faut que le service compétent soit informé pour les faire mettre en décharge avant leur arrivée à Paris.

Le mieux serait de le faire à la source même, avant de jeter les eaux dans les aqueducs, si toutefois la configuration du sol le permet. C'est là encore que devraient se faire les différents examens analytiques. Cette réforme exigerait la création de nombreux laboratoires, qui, d'ailleurs, n'auraient pas besoin d'être complets, puisqu'on n'y ferait que des analyses sommaires. Si, de ce fait, les dépenses étaient supérieures à ce qu'elles sont, par contre, on aurait une sécurité absolue.

Il est encore une autre remarque qui s'impose d'elle-même : les prises d'échantillons d'eau sont faites aux sources tous les mois; aux réservoirs de Paris tous les deux jours; avec de pareils intervalles, il peut y avoir arrivée et distribution d'eau polluée, que l'analyse reconnaîtra alors qu'il sera trop tard et que tout un quartier, par exemple, aura reçu cette eau. Une analyse, chaque jour, à la source, éviterait ce danger.

Parmi les rapports sur les eaux anciennes, il en est d'autres de moindre intérêt dont je ne parlerai pas. Cependant, je signalerai un mémoire de M. R. Cambier, sous-chef du service bactériologique de l'Observatoire municipal de Montsouris, sur une nouvelle méthode de recherche du *bacille Coli*. Elle est très simple et très ingénieuse, mais de technique trop spéciale pour que je la décrive ici.

II. — **Eaux nouvelles à capter.**

Les études relatives aux eaux nouvelles à capter ne présentent pas un égal intérêt. Plusieurs ont consisté à agir comme précédemment pour les eaux déjà captées. Il a été cherché, pour chaque source, son périmètre d'alimentation au moyen d'expériences à la fluorescéine et à la levure de bière. De plus, les eaux de chaque source étaient examinées aux points de vue chimique et bactériologique.

Les eaux de Fontaine-sous-Jouy, sur la rive gauche de l'Eure ont été reconnues, grâce à des sondages exécutés au griffon, comme provenant principalement de la craie sénonienne. En captant directement les eaux dans la craie, on pourra les utiliser pour l'alimentation de Paris. Telles sont les conclusions des rapports de MM. Dienert, Albert Lévy, Miquel et du docteur Thierry.

Les eaux de la vallée de l'Iton et, en particulier, celles du courant des Boscherons sont facilement contaminables, et pour les protéger, il faudrait exécuter des travaux très coûteux, sans même avoir la certitude de pouvoir défendre les eaux profondes contre l'arrivée des eaux de surface. Telle est l'opinion du docteur Thierry.

Les études sur les sources de la haute Seine n'ont pas été poussées assez loin pour que toutes les questions qu'elles ont soulevées aient pu être tranchées en 1902.

De toutes les études concernant les eaux nouvelles, la plus intéressante est incontestablement celle relative aux eaux du val d'Orléans. Elle a été en grande partie confiée à notre confrère M. Félix Marboutin dont notre Société a été déjà à même plusieurs fois d'apprécier la haute compétence.

Avant de parler des méthodes employées par M. Marboutin, je rappellerai que le projet primitif consistait à prendre dans le val d'Orléans un volume de 5 m^3 à la seconde. Mais s'il semblait possible d'y trouver un pareil volume, encore fallait-il connaître l'origine des eaux de cette région et en particulier de celles du Loiret.

En 1901, M. L. Janet, Ingénieur en chef des Mines, avait donné les caractères géologique du val d'Orléans. Celui-ci correspond à un élargissement de la vallée de la Loire, à une dépression bordée au nord par le plateau de la Beauce que re-

couvre la forêt d'Orléans, et au sud par le plateau de la Sologne. Ces deux plateaux sont couverts de sables et d'argiles (étage des sables de la Sologne) qui retiennent, du moins ces dernières, les eaux de surface. Les eaux venant du nord se jettent directement dans la Loire ; celles venant du sud alimentent des ruisseaux qui atteignent ce fleuve en aval du confluent du Loiret et un seul le Dhuis, qui circule dans le val d'Orléans (*fig. 1, Pl. 61*) (1).

Les sables de la Sologne reposent directement, partout où nous aurons à les étudier, sur les calcaires de Beauce. Le fond du val d'Orléans est occupé par des dépôts récents qui recouvrent les mêmes calcaires.

Examinons maintenant les eaux du val d'Orléans. C'est d'abord le Loiret qui sort d'une source dite du Château ; il est alimenté par d'autres sources qui bouillonnent dans son lit ou sur ses rives, ainsi que par quelques ruisseaux, sans importance, provenant soit du val, soit de la Sologne. Parmi les sources de la rive gauche, je signalerai comme les plus abondantes celles dites de la Pie qui sourdent dans une propriété de ce nom, près de Saint-Hilaire.

M. Sainjon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en 1882 donna pour la première fois une démonstration scientifique de l'hypothèse émise déjà bien antérieurement, que le Loiret n'était qu'une résurgence de la Loire. Il s'appuyait sur ce fait que le débit de la Loire commence à diminuer à partir du hameau de Bouteille ; cette diminution se continue jusqu'à Orléans où le débit est minimum ; mais au niveau de l'embouchure du Loiret, le débit de la Loire est redevenu le même qu'en amont de Bouteille par suite de l'apport des eaux du Loiret et de nombreuses rentrées d'eau observées en aval d'Orléans.

S'il en est ainsi, les eaux du Loiret ne sont autre chose que les eaux de la Loire et par suite elles sont polluées ; mais d'autre part, avant d'arriver aux sources du Loiret, elles ont peut-être subi une épuration. Il faut donc savoir d'abord comment elles y parviennent : ce ne peut être qu'à travers des sables ou à travers des calcaires fissurés. On comprend l'intérêt de la question, et il justifie pleinement les longues études dont le val d'Orléans a été l'objet.

Il résulte des études géologiques faites dans la région, que les

(1) Cette figure est extraite du Rapport au nom de la sixième Commission sur l'alimentation de Paris en eau potable, présenté par M. Navarre, Conseiller municipal, 17 juin 1903.

seuls sables du val d'Orléans appartiennent aux alluvions et qu'ils sont incapables de laisser passer la quantité d'eau nécessaire au débit du Loiret. Au contraire, il y a dans la même région un très grand nombre d'effondrements, ou gouffres correspondant, dans les calcaires de Beauce sous-jacents aux alluvions, à de vastes canaux par lesquels l'eau peut circuler facilement. Le nombre de ces effondrements est très grand et tous les ans il s'en produit de nouveaux. L'eau de la Loire s'engouffre à partir de Bouteille dans ces cavernes et elle ne suit pas une faille longeant le bord septentrional de la Sologne, ainsi que le croyait M. Sainjon, faille qui d'ailleurs n'existe pas au dire de M. Janet. C'est donc la façon dont l'eau de la Loire se comporte dans les calcaires de Beauce qu'il faut étudier. C'est ce qu'a entrepris notre confrère M. Marboutin.

Dans les premiers chapitres du rapport qu'il a publié à la suite de la campagne de 1901, notre confrère a étudié successivement : l'hydrographie du val d'Orléans, les hypothèses antérieures aux observations de Sainjon et les conclusions de ce dernier, la nature du sous-sol et les accidents tels que mardelles et bétoires, tantôt émissifs, tantôt absorbants, qui ont été signalés dans le val d'Orléans. Il est à remarquer en effet que, dans cette région, il y a de nombreux exemples de pareils gouffres. Ils peuvent être absorbants ou jaillissants, suivant la position du plan d'eau dans les calcaires de Beauce et dans la Loire : les eaux sont ascendantes quand le plan d'eau des calcaires est situé au-dessus de l'orifice du gouffre ; celui-ci est absorbant quand ce même plan d'eau est inférieur.

L'origine de ces gouffres est due à un tassement des couches superficielles à la suite d'un effondrement dans des cavernes calcaires dont les sondages ont démontré l'existence.

Une fois ces mardelles connues, il a fallu rechercher leurs relations avec les eaux du val et en particulier avec celles du Loiret.

Les expériences ont été faites à la fluorescéine. Je ne parlerai que des plus intéressantes. Parmi celles-ci on peut compter celle qui fut faite aux gouffres de La Bougère, commune de Châteauneuf, *sur la rive droite de la Loire*. Ces gouffres absorbent le ruisseau de l'Anche, exutoire de l'étang du Giblas. L'expérience fut faite le 29 avril 1901 ; l'Anche avait un débit de 500 à 600 litres ; on y jeta entre 4 et 5 heures du soir 15 *kg* de fluorescéine. La couleur verte a été reconnue sur la rive droite de la Loire à Feaujuifs, hameau à l'embouchure de l'Anche, huit heures après le jet. Étant

donnée la distance du point d'absorption au point d'émergence, cela correspond à une vitesse de 375 *m* à l'heure. La coloration se montra sur la rive gauche de la Loire, en face de Feaujuifs au lieu dit le Christ, près de Jargeau, moins de vingt-six heures après le jet ; puis dans le Loiret, au pont de Lorette (à 1 000 *m* de la source du Bouillon, cent quatre heures après le jet, ce qui donne une vitesse apparente de 187 *m* à l'heure ; enfin, aux sources de la Pie (près de l'embouchure du Loiret), vers la cent vingt-deuxième heure après le jet. Cette expérience met en évidence la communication des eaux de la rive droite de la Loire avec le Loiret et les sources de la région.

Les eaux de la Loire passent également dans le Loiret, comme le prouve une expérience faite dans les pertes du fleuve au droit de Sandillon sur la rive gauche. La coloration de la fluorescéine s'est montrée en plusieurs puits du val, dans le Loiret et à la prise d'eau d'alimentation de la ville d'Orléans (1).

On n'a pas opéré au droit de Bouteille parce qu'en ce point, contrairement à la légende, il n'y a pas de bétoire ; mais les pertes se font entre Bouteille et Orléans sur un parcours de 40 *km*.

Toutes les expériences ont établi l'existence de communications directes entre la Loire et le Loiret. D'ailleurs, la façon dont les crues en Loire se reconnaissent au trouble des eaux du Loiret ne laisse aucun doute à cet égard.

L'étude spéciale de ces troubles a permis à M. Marboutin d'établir que les crues de la Loire ne donnent un trouble appréciable à la prise d'eau d'alimentation pour la ville d'Orléans et aux sources du Loiret que cinq à six jours après le début de la crue en Loire. La source de la Pie semble subir l'influence des eaux de la Loire bien plus rapidement que les autres sources. Cela tient probablement à ce que certains courants souterrains, faisant leur rentrée en Loire en aval d'Orléans, sont renversés en période de crue ; d'ailleurs, ces sources sont en partie noyées à ce moment, ce qui en complique singulièrement l'étude.

Il existe, dans le val d'Orléans, deux nappes d'eau en superposition : l'une dans les alluvions, l'autre dans les calcaires de Beauce. Les eaux des alluvions forment la nappe dite phréatique, parce qu'elle alimente les puits ordinaires. Celles des calcaires

(1) Cette prise d'eau, dont il sera question à plusieurs reprises dans la suite, correspond à un sondage fait en un point du val d'Orléans ; elle a servi à M. Marboutin pour l'étude de la nappe profonde.

de Beauce correspondent aux eaux profondes. Ces deux nappes communiquent entre elles; elles se comportent, l'une par rapport à l'autre, de façons très différentes suivant leur niveau piézométrique respectif.

L'étude de la nappe profonde est assez difficile; elle n'a pu être faite que par des sondages ou par l'examen des sources du Loiret et de la Pie. Elle a donné plusieurs résultats intéressants: « Les variations de niveau de la Loire se transmettent sans retard de phase appréciable dans les forages et à la prise d'eau d'Orléans, comme si l'eau circulait en tuyaux pleins. »

C'est ce qui ressort clairement du graphique suivant *(fig. 2, Pl. 61)* (1).

On voit que, si l'amplitude des crues est très grande dans le fleuve aux deux points d'observation (à Sandillon et à Orléans), elle est beaucoup moindre dans la nappe profonde, ainsi qu'en font foi les variations de niveau observées dans les forages et à la prise d'eau d'Orléans; néanmoins les crues s'y sont fait sentir en même temps.

La nappe du calcaire de Beauce est donc sous pression, ce qui s'explique aisément, étant donnés la cote du calcaire de Beauce et le niveau de la Loire qui lui est supérieur; suivant l'expression, elle est captive. Par suite, toute variation qui se fera sentir en Loire se fera sentir dans la nappe du calcaire de Beauce : les variations dans le niveau de la nappe du calcaire dépendent donc de l'importance des crues, du niveau qu'avait la Loire lorsque les crues se sont fait sentir, enfin, du niveau qu'occupait cette nappe avant la crue. Les écarts s'accusent de moins en moins à mesure que l'on s'éloigne de la Loire.

La surface du niveau piézométrique des eaux dans cette nappe présente une pente dans le sens d'écoulement de la Loire, mais cette pente est moindre que celle de la Loire : il en résulte que, si le niveau piézométrique est à 2 *m* ou 2,50 *m* au-dessous du niveau de la Loire, près de Sandillon, il est au-dessus du niveau de la Loire au droit d'Orléans et en aval de cette ville et à la source de la Pie, ce qui explique comment l'eau de la nappe profonde peut être parfois jaillissante comme à Montauban.

La nappe phréatique est alimentée par les eaux de la Loire qui traversent les alluvions; elle peut recevoir également des eaux provenant de la nappe du calcaire de Beauce; la commu-

(1) Figure extraite du volume renfermant les travaux de la Commission pour 1902, p. 215.

nication entre les deux nappes se fait, en effet, par des mardelles. Le croquis suivant montre comment, lorsque le niveau piézométrique des eaux du calcaire de Beauce est supérieur à

Pénétration de la nappe profonde dans la nappe phréatique

Pénétration de la nappe phréatique dans la nappe profonde

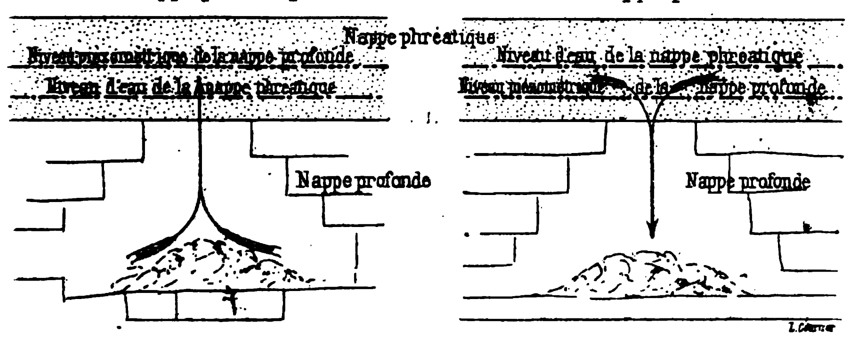


Figure montrant comment les eaux des deux nappes peuvent communiquer et passer de l'une dans l'autre nappe à travers des effondrements du val d'Orléans. (D'après M. Marboutin).

celui de la nappe phréatique, il y a montée des eaux profondes dans la nappe phréatique; inversement, il y a écoulement des eaux de la nappe phréatique dans la nappe profonde quand le niveau piézométrique de celle-ci est inférieur à celui de la nappe phréatique.

Ce n'est pas seulement une hypothèse plausible, c'est bien ainsi que les choses se passent, comme il résulte de l'étude d'un forage et d'un puits situés au même point, le forage et le puits Pothier. Lors de la crue du 3 avril 1902, elle se fit sentir immédiatement dans le forage qui atteint la nappe profonde; elle se fit sentir plus lentement et avec moins d'intensité dans la nappe phréatique. Lorsque la Loire décrut, la descente se fit rapidement dans le forage, mais plus lentement dans le puits, c'est-à-dire dans la nappe phréatique qui se comporte comme un réservoir régulateur. Les graphiques concernant les variations du degré hydrotimétrique *(fig. 4, Pl. 61)* nous montrent qu'il y a pénétration, lors du retrait de la Loire, de la nappe phréatique dans la nappe profonde. En effet, lors de la crue de la Loire, le degré hydrotimétrique des deux nappes s'abaisse, mais quand les eaux se retirent, le degré hydrotimétrique de la nappe profonde augmente parce qu'elle reçoit alors les eaux de la nappe phréatique qui sont plus riches en chaux que celles du calcaire de Beauce.

La même conclusion peut être tirée de l'examen des températures *(fig. 4, Pl. 64)*. La température des eaux est différente dans les deux nappes, celle de la nappe profonde étant la plus élevée; mais, lorsque la Loire se retire, que les eaux de la nappe phréatique descendent dans la nappe profonde, elles abaissent par leur mélange la température de cette dernière, ainsi que le prouve l'écart qui diminue entre les températures des deux nappes.

L'étude des variations de température a donné lieu à une observation bien curieuse. Si on note les variations de température des eaux de la Loire et celles d'un forage qui atteint la nappe profonde (puits des Montées de la prise d'eau pour l'alimentation de la ville d'Orléans) et qui, par suite, est en relation avec le fleuve, on voit que les maxima et les minima des variations pour les eaux profondes sont en retard de deux à trois mois sur les maxima et les minima de la Loire *(fig. 3, Pl. 61)* (1). Ce retard est ce qu'on appelle un décalage.

Ce décalage varie avec chaque forage, puits ou source; pour un même forage, il varie avec les années. On a beaucoup discuté sur la cause de ce décalage. Il n'est pas en relation directe avec la hauteur d'eau de la Loire, mais avec la température du sol, avec la différence de température des eaux de la Loire et des eaux profondes, enfin, avec la quantité d'eau emmagasinée dans le sol. M. Marboutin a établi tous ces faits avec une habileté fort remarquable.

Il ne faudrait pas croire que ce décalage corresponde à un égal retard dans l'écoulement des eaux, retard pendant lequel elles pourraient se décanter, se purifier. Il faut l'interpréter ainsi : les eaux de la Loire, arrivant dans le calcaire de Beauce avec une température supérieure à celle de la nappe profonde, cèdent leur chaleur au calcaire qui s'échauffe progressivement. Il en est ainsi tant que l'eau de la Loire est plus chaude que le calcaire; jamais le calcaire ne peut atteindre la température de l'eau de la Loire; lorsque celle-ci décroît, il arrive un moment où elle est égale à celle du calcaire; à partir de ce moment, la température du calcaire diminuera, donc la nappe profonde qui est à la même température aura atteint son maximum. Il est évident que, dans ces conditions, le maximum de la température de la nappe profonde doit être en retard sur le maximum de température de l'eau de la Loire.

(1) Figure extraite du volume renfermant les travaux de la Commission pour 1901, Pl. 11.

A la suite d'observations journalières sur les variations de température des eaux des deux nappes, M. Marboutin est arrivé à conclure que, dans la nappe phréatique, les valeurs extrêmes dépendent de la température atmosphérique et de la façon dont les puits reçoivent les eaux de la nappe du calcaire de Beauce.

Les forages dans lesquels le puisage n'est pas régulier présentent des écarts moindres que ceux des puits de la nappe phréatique ; mais ces écarts sont parfois plus accusés dans les parties profondes que dans les parties qui le sont le moins, contrairement à la règle *(fig. 5, Pl. 61)* (1); il y a donc, dans la nappe du calcaire de Beauce, des perturbations profondes; parfois même l'amplitude des variations annuelles de certains forages, comme de certaines sources (forages de la prise d'eau d'Orléans, sources de la Pie), est supérieure à celle observée dans la nappe phréatique.

Les variations journalières de température des eaux souterraines sont peu appréciables; leur amplitude ne dépasse guère quelques dixièmes de degré. La température atmosphérique n'a que peu d'influence, tandis que les crues de la Loire produisent des perturbations plus grandes *(fig. 5, Pl. 61)*.

A la suite de ces étude relatives aux caractères physiques des eaux, viennent des études chimiques et bactériologiques. La comparaison entre les variations de composition des eaux de la Loire et du Loiret a montré, dès 1901, que le degré hydrotimétrique des eaux du Loiret et de la prise d'eau d'Orléans, c'est-à-dire des eaux de la nappe profonde, était supérieur de 1 à 2 degrés à celui de la Loire. De plus, les maxima de dureté des eaux du Loiret se manifestent de huit à dix jours après ceux de la Loire.

L'examen au point de vue microbiologique donne des résultats fort curieux, selon que la Loire est en période de crue ou en période normale.

En période de basses et moyennes eaux, les eaux de la Loire paraissent subir dans leur parcours souterrain une autoépuration très appréciable : le nombre des bactéries par centimètre cube, à la prise d'eau d'Orléans comme aux sources de la Pie, est inférieur à celui des eaux qui alimentent actuellement Paris.

Mais, lors des crues de la Loire, il n'en est plus ainsi, du moins dans une région du val d'Orléans dont je donnerai plus loin les caractères hydrologiques; c'est celle où se trouve la prise d'eau

(1) Figure extraite du volume renfermant les travaux de la Commission pour 1902, p. 211.

de la ville d'Orléans, celle où le sens des courants souterrains est le plus exposé à changer. Dans cette région, pour une seule crue de la Loire, on observe deux crues bactériennes. La première se manifeste dès que la crue de la Loire a atteint Orléans, et elle dure quatre à cinq jours; la deuxième se produit dix à douze jours après les plus hautes eaux et elle dure six à huit jours. Le fait peut s'expliquer ainsi : la surélévation des eaux cause une perturbation dans la circulation des eaux souterraines. Certains courants souterrains voient leur vitesse augmenter, d'autres changent de sens; les remous produits causent la première crue bactérienne; puis les eaux de la Loire arrivent aux sources plus ou moins épurées. C'est à ce moment que se produit un minimum relatif de bactéries. Enfin la crue passe. Les eaux de la nappe profonde baissent et sont suivies, dans leur mouvement de descente, par les eaux de crue emmagasinées dans la nappe phréatique; ces dernières arrivent ainsi aux sources, en leur apportant les impuretés recueillies dans la nappe, et causent la deuxième crue bactérienne *(fig. 6, Pl. 61)* (1).

Ces phénomènes sont très complexes et, de plus, l'arrivée d'eaux de surface, par des bétoires ou des mardelles, augmente encore la difficulté d'interprétation des faits.

M. Marboutin a cherché à se rendre compte de la façon dont la nappe du calcaire de Beauce est alimentée et comment les eaux qu'elle renferme peuvent s'écouler. Il est difficile d'évaluer la quantité d'eau fournie par les eaux pluviales; cependant, la présence de nombreuses mardelles, en particulier dans la Sologne, doit permettre à ces eaux de gagner la nappe profonde et, par suite, elles doivent entrer en compte, mais leur volume est relativement faible, comparé à celui de l'eau qui provient de la Loire.

Celle-ci donne, suivant les régions, grâce aux pertes qu'elle éprouve, des quantités d'eau assez variables. Entre Châteauneuf et Jargeau, partie du Val riche en effondrements, et où affleure le calcaire de Beauce, il y a le maximum de pertes; puis, c'est la boucle de Sandillon; enfin, c'est la région de Saint-Jean-le-Blanc. Dans les deux premières zones, les pertes en basses et moyennes eaux ne paraissent pas subir de variations importantes avec la hauteur de la Loire. Dans la région voisine d'Orléans, la nappe du calcaire de Beauce a un niveau piézométrique très voisin de celui de la Loire; il en résulte que, suivant la hauteur du fleuve,

(1) Figure extraite du volume renfermant les travaux de la Commission pour 1902, p. 233.

les mardelles et les sources peuvent en certains points être alternativement absorbantes ou émissives; de là formation de courants de sens contraires, de tourbillons qui mettent en suspension dans la nappe profonde les impuretés et, en parculier, les microbes entraînés par les eaux.

L'écoulement souterrain semble se faire du nord-est au sud-ouest et avec une vitesse moyenne de 150 *m* à l'heure, un peu supérieure à celle constatée dans les régions de l'Avre, de la Vanne et de la Dhuis.

Les variations du degré hydrotimétrique, l'abaissement de la température se produisent après un intervalle de cinq à dix jours, ce qui correspond à une vitesse moyenne apparente d'environ 75 *m* à l'heure pour le gros des molécules d'eau.

Les molécules emmagasinées dans la nappe phréatique peuvent mettre quinze à vingt jours pour passer aux sources.

L'écoulement souterrain ne se fait pas d'une façon absolument régulière, parce que la nappe souterraine est alimentée en plusieurs points. De plus, il peut se produire des emmagasinements : la nappe phréatique qui communique avec la nappe souterraine par des effondrements agit comme s'il y avait des réservoirs intermédiaires.

De ces études qui ne sont que préliminaires, M. Marboutin avait tiré, en 1902, les conclusions suivantes relatives à la valeur des eaux du val d'Orléans:

En période de crue, les eaux de la prise d'eau d'Orléans sont souvent troubles; elles reçoivent des contaminations importantes qui paraissent être locales.

En période normale, la constance de la composition bactériologique des eaux de la prise d'eau et des sources de la Pie est comparable à celle des sources qui alimentent Paris.

La composition, la température et le trouble des eaux du Loiret, des puits forés de la prise d'eau d'Orléans et des sources de la Pie permettent de considérer ces eaux comme dégrossies et rafraîchies.

Telles sont, en résumé, les principales études qui ont été faites sur les eaux du val d'Orléans. Elles sont remarquables par leur multiplicité et par l'ingéniosité avec laquelle M. F. Marboutin a su tirer parti des moindres faits pour acquérir le plus de notions sur les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques de ces eaux. Il y a là une méthode nouvelle qui fait le plus grand honneur à notre confrère.

III. — Filtration des eaux d'alimentation.

Pour la première fois nous voyons, dans le volume relatif aux travaux de la Commission pour 1902, un rapport sur les expériences tentées pour la filtration des eaux de rivière et de sources. La Société est déjà au courant des tentatives d'épuration des eaux par filtrage à travers les sables: notre confrère M. Puech (1) nous en a entretenus et la discussion qui a suivi sa communication (2) a montré qu'en 1900, au moment où on a mis à l'essai les filtres d'Ivry, on ignorait quels seraient les résultats que l'on obtiendrait. La théorie en était mal connue. Elle ne l'est guère mieux aujourd'hui. D'après ce qui m'a été dit, on serait arrivé à avoir une pratique de ces filtres permettant d'en tirer un très bon parti; si l'épuration complète n'est pas obtenue, du moins dans la plupart des cas, le nombre des bactéries est singulièrement réduit.

Les conclusions générales de M. le docteur Miquel sont que les filtres à sable alimentés par de l'eau de rivière doivent être surveillés pendant toute leur période de fonctionnement; ils pourront être considérés comme mûrs quand l'eau filtrée qu'ils donneront sera peu chargée en bactéries, ou en tous cas qu'elles ne renfermeront aucune espèce pathogène, ni *bacillus Coli*. Alors seulement on pourra livrer à la consommation l'eau qui en sortira. Ces filtres, d'ailleurs, doivent être toujours en fonctionnement sous peine de perdre leurs propriétés filtrantes.

Le problème du filtrage des eaux de source paraît être, à la suite des travaux de M. Miquel, des plus difficiles à résoudre; et, en 1902, on ne savait comment en arrêter mécaniquement les microbes en provoquant des dépôts artificiels argileux, ferrugineux ou autres.

(1) A. Puech. *Filtres dégrossisseurs pour grandes masses d'eau.* Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France. Séance du 6 avril 1900, p. 561.

(2) Discussion. Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France. Séance du 20 avril 1900, p. 541.

IV. — Eaux d'épandage.

Les travaux de la Commission de perfectionnement du Laboratoire municipal de Montsouris ont porté encore sur l'épandage des eaux d'égout de la ville de Paris dans le département de Seine-et-Oise. Une Commission ministérielle chargée de contrôler les opérations d'épandage, avait posé les questions suivantes :

1° Quelle influence aurait sur les eaux de l'Oise le déversement, dans cette rivière, des eaux provenant de l'épandage?

2° Quelle serait la valeur des eaux de drainage après un certain fonctionnement du champ d'épandage?

3° Dans quelle mesure les eaux de la nappe souterraine servant à l'alimentation se trouveraient-elles souillées?

M. Albert Lévy s'est occupé de la question au point de vue chimique. Il a reconnu que la composition chimique des eaux de l'Oise était la même en amont et en aval du point où se déversent les eaux de drainage. Celles-ci ne renferment qu'accidentellement des sels ammoniacaux; le poids de la matière organique qu'on y trouve est comparable à celui des sources qui alimentent Paris; à ce point de vue, l'eau des drains est même meilleure que celle de l'Oise.

Quant aux eaux des puits de la région Méry-Pierrelaye, elles ne semblent pas avoir subi de modifications ou s'il y a eu quelque changement, ce serait en mieux puisqu'elles renferment moins de matière organique que précédemment; certains puits sont supérieurs aux drains qui les environnent; le plus souvent la nappe des puits semble différer de celle des drains. On ne peut donc accuser les eaux de drainage, qui ont généralement une composition chimique satisfaisante, de polluer l'eau de la nappe souterraine qui alimente la plupart des puits de la région de Méry-Pierrelaye. Si quelques-uns de ces derniers sont de valeur médiocre, cela tient uniquement à des causes locales.

La presqu'île de Carrières a été soumise également à l'épandage des eaux de Paris; mais les choses ne s'y passent pas de la même manière, selon que l'on examine le versant est où se trouve Carrières-sous-Poissy et le versant ouest qui dépend de la commune de Triel. Les eaux du versant est sont mieux épurées que celles de l'autre versant; elles renferment moins de matière organique, moins d'azote nitreux qui n'existe que comme

traces, et on n'y a jamais trouvé d'azote ammoniacal; sur le versant ouest, au contraire, on a rencontré l'azote nitreux et ammoniacal en proportions considérables. Cette différence tiendrait à ce que, sur le versant est, les eaux sont ascendantes et remontent à travers les sables du Lutécien inférieur qui les filtrent.

Comme pour la région de Méry-Pierrelaye, il importait de connaître la valeur chimique de la nappe où s'alimentent les puits. Là encore les drains n'apportent aucune cause de contamination; dans un grand nombre de cas, l'eau des puits ne parait pas appartenir à la même nappe que celle des drains. En résumé, au point de vue chimique, l'épandage n'est pas une cause de contamination pour les puits.

Le docteur Miquel a étudié les eaux de cette même région de Carrières, mais au point de vue bactériologique, durant le quatrième trimestre de l'année 1901. Les eaux du versant est se sont signalées par leur pureté, comme elles avaient fait au point de vue chimique. Les eaux du versant ouest sont beaucoup plus chargées en microbes que les précédentes; néanmoins, le nombre de leurs microbes est bien inférieur à celui des eaux de la Seine dans lesquelles elles viennent se jeter et, par suite, elles ne peuvent contaminer le fleuve.

La nappe souterraine qu'atteignent les puits de la même région offre des eaux qui, au point de vue bactériologique, sont quinze à vingt fois plus pures que l'eau de l'Oise distribuée aux habibants. Il est cependant un puits qui fait exception, mais il semble subir une infection toute locale.

M. Miquel conclut que, dans la presqu'île de Carrières, l'épuration des eaux d'égout est très satisfaisante, que les puits ne peuvent subir de contamination de la part des eaux des drains qui, pour la plupart, possèdent une composition, au point de vue bactériologique, meilleure que celle des eaux de ces puits.

L'étude microbiologique des eaux provenant de la région Méry-Pierrelaye, pendant le premier trimestre de l'année 1902, a donné au docteur Miquel des résultats non moins satisfaisants; sauf le cas d'infection accidentelle, les eaux de drainage offrent, au point de vue bactériologique, une composition des plus satisfaisantes. La nappe souterraine n'est pas souillée par les eaux d'égout, et la teneur en microbes des puits creusés dans la région d'épandage n'est pas plus élevée que celle des puits établis en dehors. Là encore les eaux de puits et de drainage sont meilleures que les eaux de l'Oise.

Ces résultats sont malheureusement trop peu connus et il subsiste toujours une certaine méfiance à l'égard de l'épandage.

Le volume afférent aux travaux de l'année 1902 renferme un rapport qui, s'il ne concerne pas d'une manière immédiate les eaux d'alimentation de Paris, n'en a pas moins son intérêt ; c'est un compte rendu sommaire, par M. Bechmann, d'une mission en Suède et en Allemagne. M. Navarre, Président du Conseil municipal de Paris, et M. Bechmann, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, chef du service technique des eaux et de l'assainissement, ont voulu se rendre compte par eux-mêmes des procédés d'épuration employés dans les principales villes de ces deux pays. On est toujours porté, en France, à accuser nos services publics d'ignorer ce qui se fait à l'étranger. Il ne peut en être ainsi pour ce qui concerne le service des eaux.

J'ai exposé, un peu longuement peut-être, ce qu'avait fait la Commission scientifique de perfectionnement du Laboratoire municipal de Montsouris durant les années 1901 et 1902, mais je tenais à montrer l'importance de ses études et des résultats qu'elles ont donnés. Il est incontestable que cette Commission a toujours été à la hauteur de sa tâche et qu'elle a bien mérité des Parisiens comme de la science.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR LE

Comte Gaston de CHASSELOUP-LAUBAT

PAR

M. Ch. JEANTAUD

Le comte de Chasseloup-Laubat s'est éteint au Cannet, le 19 novembre 1903, après une longue et douloureuse maladie.

Il était âgé de trente-sept ans et, certes, personne ne lui eût donné cet âge à le voir si souple, si jeune, quand, infatigable, il donnait les départs des courses d'automobiles, après s'être multiplié pour leur organisation, avoir passé les nuits, jalonné les routes du parcours; puis, dès que la dernière voiture était lancée, partant lui-même dans sa voiture de course, il surveillait les étapes, les neutralisations, et arrivait au but presque en même temps que les premiers coureurs.

Chasseloup, ainsi que les automobilistes l'appelaient familièrement, était une nature d'élite, habile en tout, aussi bien à l'atelier quand il s'agissait de remonter un moteur, qu'adroit conducteur dans les courses de vitesse, où il se classait toujours premier ou second. A cette habileté, il joignait une érudition peu commune; car, admirablement doué, il avait fait de fortes études, fortifiées par une intelligence remarquable.

Entré à l'École centrale à vingt ans, il avait été obligé de suspendre ses études à cause de sa santé. Aussitôt rétabli, il reprenait ses cours et obtenait le diplôme d'Ingénieur.

Après de longs voyages, au cours desquels il accomplit le tour du monde, il rentrait à Paris, cherchant la voie dans laquelle il entrerait; les armes, la politique, ou bien la carrière d'Ingénieur.

Il descendait d'une ancienne famille, illustre dans les armes; son grand-père avait été page sous Louis XV et capitaine du Génie, puis professeur à l'École de Brienne en 1769, où il eut pour élève Napoléon Bonaparte. Quand éclata la Révolution, il était colonel du Génie, et s'illustra dans la campagne de Prusse.

Il accompagna Bonaparte en Italie comme secrétaire-aide de camp, et les fameux ordres du jour du général Bonaparte étaient, dit-on, inspirés par lui.

Le père du comte de Chasseloup-Laubat avait abandonné la carrière des armes pour entrer dans la politique. Député, Ministre, Gouverneur de l'Algérie et Président du Conseil d'État; il avait laissé, dans toutes ces hautes fonctions, la trace profonde d'un esprit droit, d'un organisateur hors ligne et d'un Administrateur de haute valeur.

Chasseloup, son fils, était invinciblement attiré vers l'industrie; par son esprit très ouvert, il était propre à embrasser n'importe laquelle de ses branches; mais l'électricité avait surtout ses préférences.

A cette époque, les premières voitures automobiles commençaient à paraître; Gaston de Chasseloup ne s'y trompa pas. Il prévit immédiatement l'immense développement que cette industrie allait prendre et, après un stage dans les ateliers de Dion, il s'attaquait à la voiture électrique, dont le premier spécimen pratique, que j'avais construit pour la course Paris-Bordeaux, l'avait enthousiasmé.

C'est alors qu'il donna carrière à ses admirables facultés d'Ingénieur, émerveillant tous ceux qui l'approchaient par ses ingénieuses combinaisons toujours marquées au sceau de la logique pratique.

Entre temps, l'Automobile-Club de France se fondait; il fut nommé Membre du Conseil d'administration. C'est là qu'il montra ses qualités d'organisateur; tout était à créer : les concours et les règlements, les courses et leur organisation, les Commissions sportives et techniques; il fut l'âme de tous les Comités; son activité, sa perspicacité, son caractère plein de droiture et de fermeté, son jugement net et précis, lui permirent de mener à bien la lourde tâche qu'il avait entreprise, tout en se conciliant par son aménité l'amitié et la haute estime de tous ceux qui l'approchaient.

L'œuvre de codification de la partie sportive de l'Automobilisme, créée par lui, n'est pas seulement mise en pratique en France; partout où il y a un Automobile-Club, on applique les règlements français, sous l'empire desquels se courent toutes les courses et s'organisent tous les concours; c'est là un juste hommage rendu à leur auteur, le comte de Chasseloup-Laubat.

Dans tous ses travaux sur l'Automobilisme : *Rapports sur les*

courses, *Rapports sur les concours de Poids lourds de 1897, 1898 et 1899*, faits en collaboration avec M. Forestier, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, *Rapports sur l'historique de la locomotion automobile dans les différents pays*, présentés au premier Congrès de l'Automobilisme en 1900, dont il fut le brillant Secrétaire général; dans tous ces ouvrages, on retrouve, par un phénomène d'atavisme bien caractérisé, la netteté et la concision du style du général comte de Chasseloup-Laubat, gouverneur de Rome, son grand-père, et la profondeur de vues de son père, le marquis de Chasseloup-Laubat, Ministre de la Marine et Président du Conseil d'État.

Pleuré par une mère et un frère qui l'adoraient et sont inconsolables, Gaston de Chasseloup-Laubat avait su, dans sa trop courte carrière, faire naître des amitiés dévouées, qui conserveront toujours son souvenir.

L'Automobile-Club de France a ouvert une souscription pour lui élever un monument, de façon à laisser aux générations futures les traits de l'un des plus brillants promoteurs de l'industrie automobile.

Tous les Automobile-Clubs étrangers de Grande-Bretagne, de l'Allemagne, de l'Autriche, de l'Italie et de l'Espagne se sont associés à cette manifestation.

La Société des Ingénieurs Civils de France, lors des obsèques du comte de Chasseloup-Laubat, a manifesté à son frère, notre sympathique Trésorier, toute la part qu'elle prenait à son chagrin; s'il n'a pas été prononcé de discours à cette triste cérémonie, c'est sur la volonté formelle de notre cher Ami, qui a voulu mourir comme il avait vécu, dans la modestie austère qui convient aux cœurs élevés et aux grandes âmes.

CHRONIQUE

N° 289.

Sommaire. — Le laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Berlin. — Une nouvelle locomotive allemande à grande vitesse. — Les ponts de l'East-River, à New-York. — Le tunnel du Simplon. — Fabrication des tubes en cuivre par voie électrolytique. — Mesure des températures très élevées.

Le laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Berlin. — M. Walter Mentz a donné, dans le *Journal of the American Society of Naval Engineers*, une description du laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Berlin à laquelle nous empruntons les détails suivants. Disons d'abord que ce laboratoire est plus connu sous le nom de laboratoire de Charlottenburg, parce qu'il est situé dans cette localité, séparée, comme on sait, de Berlin, par le célèbre Thiergarten, bien qu'il forme une annexe de l'École technique supérieure de la capitale. Nous ajouterons que cette description emprunte une valeur particulière au fait que son auteur est un ancien élève de l'École dont il s'agit.

En 1895, le département de l'instruction décida l'établissement, dans les écoles techniques supérieures de la Prusse, de laboratoires de mécanique où les étudiants pussent, au cours de leurs études, se familiariser avec l'installation et le fonctionnement des machines et apprendre à procéder à des recherches scientifiques.

Le ministre alloua d'abord 55 000 *f* pour la construction et 200 000 *f* pour l'installation, soit en tout 255 000 *f* pour le laboratoire à établir près de l'École technique supérieure de Berlin. Une chaire fut créée pour la direction de ce laboratoire et confiée au professeur E. Josse, en 1896.

Il est bon de faire remarquer qu'à cette époque il n'existait nulle part d'école technique possédant un laboratoire de mécanique destiné uniquement aux essais scientifiques des machines et qu'on n'avait, par conséquent, pas de précédents pour guider dans ces nouvelles installations. L'objet principal de cet établissement était de fournir les moyens d'instruction pour les élèves, mais, à côté, on a, dès le début, prévu l'extension du rôle du laboratoire aux recherches scientifiques et aux essais de machines qui pourraient être envoyées temporairement pour être soumises à des expériences.

Les machines à vapeur tiennent actuellement le premier rang comme sujets d'expérimentation ; elles forment, en effet, pour ainsi dire, la base de l'instruction dans le domaine de l'étude de la construction des machines. Il est à noter qu'on n'a pas recours au frein pour l'essai de ces appareils. Ce n'est pas qu'on ne dispose actuellement de bons modèles de freins, mais le maniement de ces appareils entraîne certaines difficultés, et on possède aujourd'hui d'autres moyens d'absorber le travail développé par les moteurs, surtout pour les grandes puissances,

en les accouplant par exemple à des dynamos, des pompes ou des compresseurs d'air. Ce procédé permet d'obtenir la mesure du travail des moteurs avec une assez grande précision, et il a l'avantage de fournir un nouveau champ d'études sur les appareils actionnés.

Dans l'installation des machines du laboratoire, on a observé les principes suivants. Les gros appareils, dont le prix est naturellement élevé, doivent servir plusieurs années ; aussi les a-t-on établis à demeure sur des fondations solides, tandis que les appareils moins importants, qui peuvent être appelés à être remplacés à plus ou moins bref délai par d'autres plus perfectionnés, sont simplement fixés au plancher du laboratoire de manière à être enlevés facilement.

Le premier développement du laboratoire s'est produit dans des conditions intéressantes. Les faibles moyens dont on disposait à l'origine n'avaient permis de construire qu'une halle de 18 *m* de longueur sur 10 *m* de largeur, mais, en vue d'un futur agrandissement, on avait donné au bâtiment une grande hauteur par rapport à sa surface. Le développement prévu eut lieu beaucoup plus rapidement qu'on ne le supposait. En effet, le docteur Riedler, professeur à l'École technique supérieure, fit don au laboratoire de plusieurs machines à vapeur d'une valeur collective de 150 000 *f*, et la maison Borsig lui donna une chaudière. Après que le ministre eut fait opérer les agrandissements nécessaires aux constructions, on pensa à employer les grands moteurs à la production de l'éclairage électrique à la place du gaz, ce qui justifia un accroissement des subventions pour le fonctionnement du laboratoire. On pouvait ainsi maintenir les moteurs en marche pendant des périodes prolongées en utilisant le travail produit pour le chargement des accumulateurs et on réduisait ainsi au minimum la dépense pour l'éclairage. Le ministre accepta cette proposition et accorda une somme de 275 000 *f*, dont une partie seulement s'appliquait au laboratoire, puisque les dépenses d'installation de l'éclairage électrique étaient aussi couvertes par cette subvention.

La longueur primitive du bâtiment fut alors portée à 55 *m*. On va, du reste, faire de nouveaux agrandissements, car les dimensions actuelles sont tout à fait insuffisantes. On a déjà construit un bâtiment annexe à deux étages, de 11 × 8 *m*, pour recevoir les appareils de mesurage et d'épreuve.

Comme nous l'avons dit plus haut, les grosses machines motrices seules sont établies sur des fondations en maçonnerie. Des tranchées ont été pratiquées sous le plancher pour recevoir le tuyautage et celui-ci est disposé de manière qu'un appareil puisse être éprouvé à volonté avec de la vapeur, de l'eau ou de l'air sous pression ou raréfié.

Pour économiser les frais d'établissement d'un nouveau bâtiment des générateurs et une nouvelle cheminée, les chaudières à haute pression pour le service du laboratoire ont été placées dans le bâtiment contenant les appareils de chauffage, lequel est établi à côté du laboratoire. Le bâtiment actuel des générateurs a été, du reste, lui-même agrandi pour recevoir un gazogène.

Sur le nombre total des chaudières, trois seulement sont employées pour le service du laboratoire; ce sont d'abord un générateur de 79 m^2

de surface de chauffe timbré à 12 *kg*, une chaudière à tubes d'eau de 150 m^2 à 18 *kg*, et une petite chaudière également à tubes d'eau de 50 m^2 à 10 *kg*. Ces chaudières n'ont qu'une seule conduite de vapeur. Dans le laboratoire, la pression de la vapeur varie de 7 à 17 *kg* suivant les moteurs mis en action et le but des essais que l'on entreprend.

Les chaudières sont disposées avec les ouvertures nécessaires pour l'introduction de pyromètres et pour la prise d'échantillons sur les gaz de la combustion, pour l'analyse des gaz, la mesure des températures, etc. On a essayé divers procédés pour la suppression de la fumée. Dans le bâtiment du laboratoire est installé un surchauffeur indépendant pour la surchauffe de la vapeur à haute température. L'eau nécessaire pour le service est fournie en partie par la distribution de la ville et en partie par un puits placé en dehors des constructions.

Parmi les moteurs à vapeur de l'établissement, le plus important est celui qui a été donné au laboratoire par le professeur Riedler : c'est une machine à quadruple expansion, construite par les ateliers du Vulcan, à Stettin; elle présente la disposition générale d'un moteur de marine. Les cylindres ont les diamètres respectifs de 225 — 335 — 477 et 686 *mm* avec une course commune de 0,50 *m*. La machine développe 220 *ch* indiqués à 150 tours par minute avec de la vapeur à 17 *kg* de pression. Les cylindres sont disposés deux à deux en tandem, c'est-à-dire que les cylindres à haute pression et premier intermédiaire sont placés au-dessus du cylindre à basse pression et du second intermédiaire; ceci pour occuper moins de place en longueur qu'avec les quatre cylindres à côté les uns des autres.

La distribution s'opère par le système Klug (1) qui est très employé par les ateliers du Vulcan et qui donne une meilleure distribution pour les introductions réduites que la coulisse de Stephenson; il y a un excentrique pour chaque paire de cylindres superposés. Tous les cylindres sont à enveloppes de vapeur. Un robinet est placé sur la conduite d'échappement du cylindre à basse pression et permet à la machine d'évacuer au condenseur ou à l'air libre. Lorsque ce moteur actionne un générateur d'électricité, la marche est réglée par un régulateur opérant par un cylindre hydraulique étudié dans ce but par le professeur Josse.

Cette machine est particulièrement apte aux essais de consommation de vapeur et aux recherches thermiques. La dépense de vapeur est obtenue par la mesure de l'eau condensée dans un condenseur à surface. Cette méthode permet d'obtenir des résultats suffisamment approchés en un temps assez court. Une heure suffit pour une expérience de ce genre. Si on tient compte du temps nécessaire pour l'installation des indicateurs, la mesure des diagrammes au planimètre et les calculs, on trouve qu'en trois heures on peut faire un essai de consommation et en obtenir les résultats. C'est le maximum de temps qu'on puisse accorder, eu égard à la division du travail des étudiants.

La machine peut être disposée pour fonctionner à double, triple ou quadruple expansion. Dans le premier cas, on admet la vapeur à une

(1) Le système Klug est une des nombreuses formes du type primitif de Solms, comme nous l'avons indiqué dans la Chronique de novembre 1903, page 570.

pression comprise entre 4 et 6 *kg*, dans le second entre 10 et 12 *kg*, et dans le troisième à une pression allant jusqu'à 18 *kg*.

Lorsqu'on fonctionne à triple expansion, on enlève le piston et le tiroir du cylindre à haute pression; la vapeur ne fait que traverser ce cylindre pour arriver au tiroir du premier cylindre intermédiaire, qui fonctionne alors comme cylindre à haute pression. Pour marcher en compound, on opère de même sur le cylindre à haute pression et le premier intermédiaire, et on envoie la vapeur par un branchement spécial dans le conduit d'échappement du premier intermédiaire.

Pour que les étudiants tirent le meilleur profit des essais qu'on leur fait faire, on les réunit en groupes de cinq ou six. Chaque groupe travaille d'une manière indépendante sous la direction d'un assistant, et chaque membre d'un groupe a sa tâche distincte. Chaque groupe opère sur une machine; il a à faire trois essais de consommation : le premier sur la machine fonctionnant en compound, le second à triple et le dernier à quadruple expansion. Le graissage est confié à un ouvrier, mais, à part ce détail, les étudiants ont à faire tout le travail, par exemple l'installation des indicateurs, le réglage du régulateur pour une vitesse déterminée, etc.

Pour obtenir une marche régulière du moteur, la dynamo commandée par lui est réglée par une résistance constante formée par des lampes à incandescence et disposée pour absorber un travail de 200 *ch*. La charge peut être augmentée par le moyen de commutateurs, par accroissements successifs de 5 *ch*.

Pendant le premier essai, l'assistant qui dirige le groupe explique d'abord la manière de procéder et distribue la besogne entre les membres, de manière, par exemple, que deux relèvent les diagrammes aux deux cylindres, qu'un autre mesure l'eau de condensation et le reste observe l'ampèremètre, le voltmètre, le volume de l'eau de circulation, etc. Aux second et troisième essais, un des étudiants du groupe prend le rôle de l'assistant dirigeant, distribue le travail et conduit l'essai. On relève des diagrammes toutes les cinq minutes et en même temps on note les nombres de tours, les pressions et les vides au condenseur, les indications de l'ampèremètre et du voltmètre, les températures de l'eau condensée et de l'eau de refroidissement, etc.

Pour le jaugeage de l'eau de condensation, on se sert de deux récipients placés sur des bascules et entre lesquels est disposé un tuyau bifurqué par lequel arrive l'eau. Dès qu'un de ces récipients est plein, on dirige l'eau dans l'autre et ainsi de suite. L'eau provenant de la vapeur condensée dans les cylindres et boites à vapeur est recueillie dans des vases distincts. Un étudiant note toutes les fois qu'un des récipients est rempli et on obtient le volume d'eau.

Au bout d'une heure, on arrête l'essai, on mesure l'aire des diagrammes au planimètre ; chaque élève note les pressions moyennes effectives sur les différents pistons, le volume d'eau de condensation, celui de l'eau de refroidissement, la moyenne des nombres d'ampères et de volts, les nombres de tours, les températures de l'eau de condensation, de l'eau d'injection et de l'eau déchargée.

Des pressions moyennes effectives et des nombres de tours, les élèves

déduisent le travail indiqué. Des nombres de volts et d'ampères observés, au moyen du coefficient connu de rendement de la dynamo, ils obtiennent le travail effectif et le coefficient d'effet utile de la machine à vapeur.

La quantité d'eau de condensation permet de connaitre la dépense de vapeur par cheval indiqué. Dans les essais auxquels l'auteur de l'article a assisté, ces dépenses se sont élevées à 9,87 — 8,04 et 6,20 *kg*, suivant que le moteur fonctionnait à double, triple ou quadruple expansion.

Au moyen des volumes et des températures de l'eau de refroidissement, on obtient le nombre de calories correspondant au cheval et la quantité de chaleur transformée au travail. Si l'essai a été fait convenablement, la somme des calories utilisées et emportées au dehors doit être égale au nombre de calories contenues dans la vapeur et l'eau entrainée avec elle. La proportion d'eau entrainée est mesurée par le moyen d'un calorimètre a étranglement décrit dans le Z. V. D. I, 1898, page 664.

On peut faire fonctionner la machine sans condensation en démontant la commande de la pompe à air et en ouvrant l'échappement à l'air libre.

Les étudiants plus avancés peuvent faire des essais comparatifs avec la vapeur saturée et la vapeur surchauffée. On a prévu, à cet effet, des ouvertures pour placer des thermomètres, afin d'observer les températures de la vapeur à l'entrée et à la sortie de chaque cylindre.

Le second grand moteur du laboratoire est une machine à triple expansion pouvant développer 150 chevaux effectifs. Comme elle est principalement destinée aux essais avec la vapeur surchauffée, la distribution aux cylindres haute pression et intermédiaire s'opère par des soupapes. Le surchauffeur est près de la machine et la vapeur est surchauffée aux deux premiers cylindres. Ceux-ci sont disposés horizontalement en tandem, avec tige commune des pistons, et le cylindre à basse pression est vertical, sa bielle agissant sur la même manivelle que celle des deux autres cylindres.

Les diamètres des pistons sont : 0,170 — 0,430 et 0,670 ; la course commune est de 0,400 *m*; le nombre de tours est de 150 par minute et la pression de 12 *kg*. Dans cette machine, on peut séparer le cylindre à haute pression et faire travailler l'appareil comme machine à double expansion.

Pour permettre aux élèves de mesurer facilement le volume des espaces neutres, on a disposé sur les cylindres des ouvertures permettant d'y introduire de l'eau tout en laissant échapper l'air.

L'arbre moteur porte à son extrémité un second coude correspondant à un prolongement de la plaque de fondation ; on peut se servir de cette disposition pour actionner une pompe ou un compresseur d'air pour absorber le travail développé par la machine à vapeur, mais, en général, on actionne à cet effet un générateur d'électricité. On peut renverser l'effet de l'accouplement des deux machines en faisant fonctionner la dynamo comme moteur et en appréciant par les mesures électriques le travail absorbé par les résistances propres du moteur à vapeur. Ajoutons que le mécanisme de distribution de celui-ci est disposé de telle sorte qu'on puisse en faire varier les éléments pour permettre de suivre leur influence sur l'effet utile de la machine. *(A suivre.)*

Une nouvelle locomotive allemande à grande vitesse. — Nous avons parlé, dans la Chronique de mars 1902, d'un concours ouvert par la Société des Ingénieurs mécaniciens allemands, pour un projet de matériel roulant à grande vitesse comportant une locomotive à vapeur pouvant remorquer un train de 180 *t* à une vitesse de 120 *km* à l'heure et effectuer, sans arrêt, un parcours d'une durée de trois heures.

A la suite de ce concours, clos le 31 décembre 1902, quatre projets ont été primés, savoir :

1° Un projet de M. R. Avenmarg, de Münich, pour une locomotive-tender à 7 essieux dont 2 accouplés au centre, 4 formant un bogie à l'avant et 3 de même à l'arrière, soit PPPCMPP. C'est une machine compound à 4 cylindres agissant tous sur l'essieu à grande roue d'avant avec manivelles calées à 180 degrés pour chaque paire. Le personnel est placé à l'arrière comme d'habitude;

2° Le second projet présenté par M. Kuhn, Ingénieur en chef de la Société Henschel et fils, à Cassel, comportant une locomotive à tender séparé à 6 essieux, dont 2 accouplés au centre et 2 bogies à 2 essieux, un à l'avant, l'autre à l'arrière, soit PPMMPP. C'est une machine compound à 3 cylindres, celui du milieu actionnant le premier essieu à grandes roues, et les deux autres, extérieurs, recevant la vapeur du premier, commandant le second essieu. Les manivelles de celui-ci ont le même calage et sont à angle droit du coude central du premier essieu. Les deux essieux du centre sont accouplés par une bielle centrale en outre des bielles d'accouplement extérieures qui seraient insuffisantes pour déterminer l'entrainement par suite du calage adopté. Le mécanicien est à l'avant dans une cabine de manœuvre;

3° Le projet suivant, dû à M. H. Mahlis, représente une locomotive-tender, avec la même disposition d'essieux que la précédente, soit 2 essieux accouplés au centre et 2 bogies chacun à 2 essieux aux extrémités. Il y a 4 cylindres, tous à haute pression, deux intérieurs et deux extérieurs commandant l'essieu à grandes roues d'avant, par 4 manivelles calées deux à deux à 180 degrés. Le mécanicien est à l'avant et la machine est entièrement enveloppée d'une sorte de carapace se terminant par une partie angulaire à l'avant;

4° Le dernier projet primé a été présenté par M. Franz Peglow, Ingénieur en chef de la Société Berlinoise de construction de machines, précédemment L. Schwartzkopff. C'est une locomotive à tender séparé portée sur 6 essieux, disposés comme dans les deux machines précédentes. Il y a 3 cylindres à haute pression dont un, au milieu, actionne le premier essieu à grandes roues, et deux autres, extérieurs au droit du premier, actionnent le second essieu accouplé avec le premier comme dans le projet n° 2, par 3 bielles d'accouplement, une intérieure et deux extérieures. Le mécanicien est à l'avant et la machine et le tender sont entièrement entourés d'une enveloppe disposée en V à l'avant et articulée entre la machine et le tender.

Ce concours paraît avoir produit des résultats, car le journal du *Verein* annonce que la fabrique de machines Henschel et fils vient de terminer et de livrer au commencement du mois de février à la direction de Cassel

des chemins de fer de l'État prussien une locomotive à grande vitesse dont l'avant-projet a été fait par M. Wittfeld, au Ministère des Travaux publics à Berlin, et qui a été étudiée en détail par M. Kuhn, de la maison Henschel.

Cette machine doit pouvoir remorquer un train de 180 *t*, formé de quatre à cinq voitures à 4 essieux, à une vitesse de 130 *km* à l'heure.

La machine paraît se rapprocher beaucoup du projet n° 2, dont nous avons parlé plus haut, mais elle comporte quelques modifications empruntées à d'autres projets du concours. Elle est portée sur six essieux, dont deux accouplés au centre, et quatre en deux bogies, un à l'avant, l'autre à l'arrière. Elle est suivie d'un tender porté sur deux bogies et qui contient 20 m^3 d'eau et 7 *t* de charbon. L'écartement extrême des roues pour la machine et le tender est de 20,78 *m*, et pour la machine seule, de 11,50 *m*. La longueur totale hors tampons des deux véhicules accouplés est de 24,82 *m*.

Il y a trois cylindres disposés en compound : le cylindre HP est à l'intérieur et actionne le premier essieu ; les deux autres, BP extérieurs, commandent le second essieu. Toutes les roues sont actionnées par le frein à main et le frein à air comprimé.

La machine et le tender sont contenus dans une enveloppe terminée en V à l'avant ; il est ménagé dans cette enveloppe deux passages latéraux faisant communiquer deux postes : celui de l'avant, occupé par le mécanicien, et l'autre, placé à l'arrière de la chaudière, et occupé par un second mécanicien et le chauffeur.

Une communication téléphonique est en outre établie entre les deux postes. La plate-forme du chauffeur est reliée à l'arrière du tender par un passage, et une passerelle est disposée entre le tender et le fourgon pour que la communication soit possible avec les conducteurs du train. Au cas où il y a lieu de marcher en arrière pour les manœuvres, la plate-forme de chauffe comporte des organes de commande des freins et du sifflet. On a calculé qu'avec les vitesses de marche prévues, la présence d'une enveloppe à forme convenable autour de la machine et du tender économisera, par la réduction de la résistance de l'air, un travail de 250 à 300 *ch*.

La grille a une surface de 4,2 m^2, ce qui permet de brûler facilement à l'heure 1 800 *kg* de charbon.

La surface de chauffe est de 257 m^2. La machine pèse en service 79 *t* et le tender plein 57, total 136 *t*. On indique le chiffre de 1 400 *ch* pour le travail développé, dans les conditions indiquées plus haut. Ce chiffre correspondrait, à la vitesse de 130 *km* à l'heure, à un effort de traction de 2 900 qui donnerait pour 316 *t* une résistance moyenne de 9,1 par tonne de train. La formule de notre collègue, M. Barbier, appliquée à l'ensemble du train, et étendue à une vitesse de 130 *km* à l'heure donnerait 8,52 *kg*. Ces 1 400 *ch* feraient environ 5,5 *ch* par mètre carré de surface de chauffe, et à 1,25 *kg* de combustible par cheval heure, une combustion de 420 *kg* par mètre carré de surface de grille, conditions très admissibles.

Nous ignorons si cette machine est munie d'un surchauffeur, il semble que, si c'était le cas, le journal allemand l'aurait mentionné. Nous aurons probablement bientôt l'occasion de revenir sur cette locomotive.

Les ponts sur l'East-River, à New-York. — On a inauguré le 19 décembre 1903, le nouveau pont établi sur l'East-River, lequel porte le nom de pont de Williamsburg, bien que cet ouvrage ne soit pas encore entièrement terminé; il n'y a en effet en ce moment, comme voies de circulation, qu'une des chaussées à voitures et les trottoirs pour piétons. Nous avons déjà eu plusieurs fois occasion de parler de ce pont et du pont de Brooklyn construit précédemment; nous croyons toutefois intéressant de donner ci-dessous, d'après le *Railroad Gazette*, les éléments constitutifs principaux de ces deux remarquables ouvrages.

Pont de Williamsburg. — La longueur de la travée principale, de centre en centre des tours, est de 488 *m*; la longueur totale du pont et de ses approches est de 2 196 *m*; la largeur totale de la travée principale est de 36 *m*. Le pont laisse une hauteur minima de 36,90 *m* au-dessus du niveau moyen des hautes mers d'équinoxe au bord des piles et une de 41,20 *m* à 60 *m* de chaque côté du centre de la grande travée; la maçonnerie des piles s'élève à 7 *m* au-dessus du niveau des hautes mers; l'axe des câbles sur le sommet des tours d'appui est à 101,56 *m* au-dessus du niveau des hautes mers. Chaque voie charretière a 6,10 *m* de largeur; les voies pour chemins de fer aériens ont chacune 3,35 *m* de largeur; les voies pour tramways à trolley, au nombre de quatre, chacune 2,97 *m*; les deux trottoirs pour piétons 3,20 *m*, et les deux passages pour cyclistes chacun 2,12 *m*.

Du côté de New-York, le caisson de fondation nord a été descendu à 16,70 *m* au-dessous du niveau des basses mers, et le caisson sud à 21,35 *m*. Du côté de Brooklyn, le caisson nord a été foncé à 33,5 *m* et le caisson sud à 27,45 *m* au-dessous du niveau des basses mers.

On sait que ce pont est raidi par deux fermes rigides continues supportées sur les tours d'appui et reliées aux traverses du tablier. Le pont a nécessité pour sa construction sept années, les travaux ayant été commencés dans la seconde moitié de 1896.

Pont de Brooklyn. — Le pont de Brooklyn a une travée centrale de 486,60 *m* de longueur, et deux travées de rives de 283,65; la longueur des approches du côté de Brooklyn est de 296,35 *m* et celle du côté de New-York de 476,60 *m*; la longueur de l'ouvrage est de 1 994 *m*.

Le tablier a 26,23 *m* de largeur; il se divise en cinq parties; les deux à l'extérieur pou les voitures et les tramways, les deux intérieures pour des chemins de fer à traction par câble et traction électrique et celle du milieu, qui est à 3,66 *m* plus élevée que les autres, est réservée à la circulation des piétons.

Le tablier, au centre de la travée principale, est à 41,17 *m* au-dessus des hautes mers et au bord des tours d'appui à 36,35 *m*. Les tours ont leur sommet à 83 *m* au-dessus des hautes mers et à 46,70 *m* au-dessus du tablier.

Le tour du côté de Manhattan contient 34 800 m^3 de maçonnerie et celle du côté de Brooklyn 28,300 *m*. La première est fondée à 23,80 *m* au-dessous du niveau des basses mers et la seconde à 13,75 *m*. Ces tours ont une section horizontale de 42,7 *m* × 18 *m* au niveau des hautes mers et de 41,5 *m* × 16,20 *m* au niveau du tablier.

Les travaux du pont de Brooklyn ont été commencés le 2 janvier 1870 et l'ouvrage a été livré à la circulation le 24 mai 1883 ; il aurait donc fallu environ treize ans pour la construction, mais le temps réellement employé aux travaux ne dépasse pas dix ans, parce qu'ils ont plusieurs fois été interrompus faute de fonds. Il est à remarquer que le sommet des tours n'a jamais été achevé ; dans le projet, ces tours devaient avoir environ 1,80 *m* de plus qu'elles n'ont actuellement en hauteur.

Le coût de l'établissement du pont proprement dit de Brooklyn a été d'environ 47 millions de francs, mais, avec l'achat des terrains et les approches, on peut compter 78 millions. La partie métallique et les fondations du pont de Williamsburg ont coûté à peu près 36 millions, mais avec les approches, en présence de l'augmentation du prix des terrains, la dépense dépassera certainement 100 millions. Les ingénieurs en chef ont été Washington A. Rœbling pour le pont de Brooklyn et Leffert L. Back, pour celui de Williamsburg.

Ce dernier n'était pas achevé qu'on commençait déjà les travaux d'un autre pont qui portera le nom de pont de Manhattan et qui est situé entre les deux autres. Cet ouvrage se composera d'une travée centrale suspendue de 448,40 *m* de portée d'axe en axe des tours d'appui et de deux travées latérales également suspendues de 221 *m* chacune, les approches du côté de New-York auront 591 *m* celles du côté de Brooklyn 1 290 *m*, ce qui fait une longueur totale de 2 770,40 *m*.

La particularité que présente cet ouvrage est la suspension au moyen de chaines formées de longues barres au lieu de câbles. Il y aura quatre files de chaines. La construction ne comporte pas de poutres en treillis pour donner de la rigidité ; celle-ci est assurée par la disposition des chaines, dont chacune est formée de deux parties placées l'une au-dessus de l'autre à une certaine distance, avec des barres de treillis entre elles. Le tablier, large de 37,20 *m*, portera au milieu, entre les deux files de chaines intérieures, une voie charretière ; de chaque côté, entre les deux files de chaines, deux voies de tramways en bas, et au-dessus une voie de chemin de fer aérien ; enfin en dehors de la file de chaînes extérieure, les trottoirs pour piétons. On fait en ce moment les fondations de ce pont, qui est exécuté sous la direction de M. G. Lindenthal, commissaire des ponts de la ville de New-York.

Enfin on va également commencer les travaux d'un quatrième pont sur l'East-River, destiné à relier Manhattan à la ville de Long Island en traversant l'ile de Blackwell qui divise le fleuve en deux bras, c'est ce qui fait donner à cet ouvrage le nom du pont de Blackwell's Island. Il est situé en amont des trois premiers ; sa longueur totale sera de 3 010 *m* ; le pont proprement dit sera établi dans le système cantilever ; il aura trois travées établies à 36,60 *m* au-dessus du niveau des hautes mers ; sa construction emploiera 33 000 tonnes de métal et on dit que l'acier au nickel y sera employé dans une proportion importante.

Nous pouvons ajouter qu'on se préoccupe déjà de la reconstruction du pont de Brooklyn, en vue d'accroître sa capacité de trafic, qui est reconnue insuffisante, et cela malgré la construction des nouveaux ponts dont nous venons de parler.

Le tunnel du Simplon. — Les pronostics favorables indiqués dans notre article d'octobre 1903, page 439, relativement à l'avancement du tunnel du Simplon, se sont trouvés démentis par des circonstances tout à fait imprévues. En effet, le 22 novembre dernier, à 300 mètres environ au-delà du point culminant dans la galerie nord, on a rencontré une venue d'eau qui a obligé de suspendre entièrement la perforation, non à cause du volume d'eau, qui n'était que de 70 litres par seconde, mais par suite de la température de cette eau, qui atteignait 48° C.

Par suite de cette suspension des travaux d'avancement au nord, on n'a percé en novembre que 80 *m* du côté de Brigue; du côté d'Iselle, on a avancé de 174 *m*, soit un total de 254 *m*. En décembre, l'avancement au nord a été nul, tandis qu'il était de 141 *m* au sud. De ce côté, on a rencontré des roches très dures, composées de gneiss et de micaschistes dans lesquelles l'avancement par jour de travail n'a pu être que de 5,13 *m*. Le travail a de plus été suspendu pendant quatre-vingt-quatre heures à cause des fêtes de Noël et pour la vérification de l'axe du tunnel. Le volume d'eau a été en moyenne, pendant le mois de décembre, de 116 *l* par seconde au nord et de 798 au sud ; ce dernier chiffre indique une décroissance sensible. En somme, au 31 décembre, la galerie nord avait une longueur de 10 144 *m*, la galerie sud une longueur de 7 752 *m*, soit un total de 17 896 *m* ; il restait donc à percer 19 730 — 17 896 = 1 834 *m*. Combien faudra-t-il de temps pour en venir à bout ? c'est ce qu'il n'est pas facile de dire actuellement. Nous croyons intéressant de reproduire à ce sujet une note parue dans la *Gazette de Lausanne.*

Quels sont les projets de l'entreprise en vue du parachèvement le plus rapide possible de ce grand travail ? D'abord, on va compléter l'épuisement du lac d'eau chaude qui avait rempli la contre-pente de la galerie I. Ce sera l'affaire de quelques jours. Ce travail de vidange se continuera d'ailleurs tant que les deux sources rencontrées sortiront de terre à raison de 70 *l* par seconde. Car il n'en est pas ici de même que pour les sources froides rencontrées du côté italien ; les sources chaudes viennent des profondeurs de la terre et sont inépuisables, tandis que les sources froides, alimentées par des eaux superficielles, diminuent à mesere que ces réserves s'épuisent elles-mêmes.

Une fois que les sources chaudes auront leurs 70 *l* par seconde emportés au fur et à mesure de leur apparition, le séjour dans le fond de la galerie sera supportable, parce qu'on y combattra la chaleur au moyen des pulvérisateurs déjà employés sur plusieurs autres points du tunnel.

Dans le tunnel II, on poursuivra l'avancement jusqu'à ce que l'inspection géologique des couches traversées avertisse que l'on approche de la faille d'où la grosse source chaude a jailli. Les ingénieurs comptent s'arrêter à temps pour que la galerie II ne soit pas soudainement noyée comme l'a été la galerie I.

En attendant que les 150 *m* dont la galerie II est en retard sur l'autre aient été percés, on se propose, en premier lieu, de pratiquer une galerie transversale qui, partant de quelques mètres en arrière de l'attaque

actuellement noyée du tunnel I, vienne aboutir au point où le tunnel II devra s'arrêter; on pourra même, à partir de ce point, forer, en tournant le dos à Iselle, à la rencontre de l'avancement II.

Cela fait, au fond des deux galeries, immédiatement après la source chaude dans la galerie I, et immédiatement après la galerie transversale dans le tunnel II, on élèvera un mur solide. Chacun de ces murs sera pourvu d'un trou d'homme, ainsi que d'orifices dans lesquels passeront, à joints hermétiques, les tuyaux portant l'air, l'eau réfrigérante et le dégorgement de la pompe d'épuisement. Après quoi, au delà de ces deux murs, alternativement dans l'une, puis dans l'autre galerie, on reprendra, sous une surveillance attentive, le travail de forage, mais à la main.

Et alors, l'une ou l'autre des deux alternatives qui peuvent se présenter déterminera le cours des travaux.

Tant que la roche restera sèche, on y pourra creuser, pas bien vite, mais cependant de manière à hâter de cinq ou six semaines le moment où les ouvriers de Brigue et ceux d'Iselle se donneront la main à travers la brèche de la muraille terminale. Si, au contraire, on rencontre encore de l'eau, les ouvriers jetteront fleurets et marteaux et quitteront le cul-de-sac par le trou d'homme qui sera fermé derrière eux. En même temps, dans les autres orifices, les tuyaux aboutissants seront remplacés par des plaques de fermeture. En sorte que le cul-de-sac se remplira d'eau à loisir, à mesure que fusera, par les joints du mur, l'air qui y aura été enfermé.

Dans ce dernier cas, ce sera l'avancement d'Iselle qui, dans une dizaine ou une douzaine de mois, videra sans danger le petit lac intérieur formé au delà du mur. Du côté nord, le temps sera mis à profit pour compléter l'abatage et l'élargissement, pour édifier les jambages et placer la voûte sur toute la longueur où le tunnel reste à parachever.

Au moment où nous corrigeons les épreuves de cette note, nous avons connaissance du rapport de janvier, ce qui nous permet d'ajouter ce qui suit :

Pendant le mois de janvier, les travaux d'avancement de la galerie nord ont été entièrement suspendus. Le 5 janvier, l'eau qui remplissait la galerie en contre-pente était épuisée jusqu'au front d'attaque. L'eau provenant des deux sources chaudes représente un total de 63 *l* par seconde; elle est épuisée au moyen de deux pompes installées, l'une au point 10 071, l'autre au point 10 090.

Les travaux d'avancement ont continué dans la galerie parallèle au moyen de la perforation mécanique; au 31 janvier, on était parvenu au kilomètre 10,085. La galerie I est au kilomètre 10,144, comme au 31 décembre. On a commencé, le 29 janvier, à perforer mécaniquement la galerie transversale au kilomètre 10,133, en partant de la galerie I.

Du côté sud, l'avancement a été de 146 *m*, soit de 4,71 *m* par jour de travail. La galerie a une longueur de 7 898 *m*, ce qui donne, avec la longueur de 10 144 percée au nord, un total de 18 042; il reste donc à percer 1 688 *m*.

Les venues d'eau, du côté sud, ont comporté un volume de 772 *l* par seconde, en légère décroissance encore sur le chiffre de décembre 1903.

Fabrication des tubes en cuivre par voie électrolytique. — Nous trouvons dans l'*Industria* la description de la fabrication par voie électrolytique des tubes de cuivre à l'usine de Schladern sur la Sieg. Cet établissement emploie le procédé Elmore qui, comme on sait, consiste à faire déposer par action galvanique du cuivre sur un noyau cylindrique animé d'un mouvement de rotation et formant matrice. Pour que le métal précipité ne prenne pas une structure cristalline, sa surface est soumise à un travail de compression opéré par un mécanisme approprié.

Le cuivre brut destiné à la fabrication des tubes est soumis à un raffinage dans un four à réverbère, au sortir duquel il est coulé dans un réservoir d'eau pour être réduit en grenaille. Cette grenaille est placée en couche d'environ 200 *mm* dans des récipients en bois de 6 *m* de longueur sur 2 *m* de largeur revêtus intérieurement de feuilles de plomb. A 30 *mm* environ au-dessus de la couche de cuivre granulé est disposé horizontalement, sur des supports en verre, le noyau cylindrique formé d'un alliage spécial.

Les récipients sont remplis d'une solution de sulfate de cuivre acidulée avec 3 0/0 d'acide sulfurique.

La couche de grenaille de cuivre est mise en communication avec le pôle positif d'une dynamo et le noyau tournant avec le pôle négatif. Plusieurs récipients ainsi disposés sont placés les uns à la suite des autres, de manière que le courant électrique, entrant dans la couche de grenaille du premier récipient, traverse le bain de sulfate de cuivre, puis passe dans le noyau sur lequel le métal se dépose et va de là dans le second récipient par un conducteur métallique et y agit de même. Parallèlement à ces vases est disposé sur le sol un arbre tournant qui, au moyen de poulies et de courroies, donne aux noyaux un mouvement de rotation.

Sur chaque récipient se trouve une pièce en fonte qui glisse entre des guides et se termine par un frottoir en agate qui a pour objet de polir la surface du métal à mesure que celui-ci se dépose. La pièce dont il s'agit se meut de manière que son extrémité décrive une courbe en spirale. La vitesse de translation est réglée pour que le frottoir opère une allée et venue pendant que l'épaisseur du cuivre déposé augmente de 1/25 à 1/30 de millimètre. L'intensité moyenne du courant est de 800 ampères et la tension de 40 à 50 volts. Si on admet que chaque ampère-heure produise le dépôt de 1,18 *g* de cuivre, chaque récipient donnera par semaine $7 \times 24 \times 1,18 \times 800 = 158,6$ *kg*, et pour quarante appareils, 6 000 *kg*. La dynamo est actionnée par un moteur de 60 *chx*, de sorte que 100 *kg* de cuivre déposé correspondent à un cheval par semaine.

Le procédé Elmore permet d'opérer avec 200 ampères par mètre carré. La superficie totale pour chaque récipient peut donc être de $\frac{800}{200} = 4$ *m*². L'épaisseur de cuivre déposé dans une semaine, en admettant pour le métal une densité de 8,95, est $\frac{158,6}{8,95 \times 400} = 4,4$ *mm*.

Au point de vue chimique, la théorie du procédé est très simple; le courant électrique décompose le sulfate de cuivre en Cu et SO_4 ; le premier se précipite sur le noyau cylindrique et le second se porte sur le cuivre en grenaille qui forme anode, l'oxyde et le convertit en sulfate de cuivre. La densité de la solution ne change pas, puisque la proportion de cuivre déposée est remplacée par celle qui entre en dissolution.

Quand la couche a atteint l'épaisseur voulue, on interrompt l'arrivée du courant et on fait couler la solution dans un réservoir disposé au-dessous. Comme le cuivre qui sert d'anode n'est pas entièrement pur, les impuretés se déposent à la partie inférieure de la solution qui peut, après décantation, être employée de nouveau. Dans le dépôt insoluble on retrouve l'or et l'argent contenus dans le cuivre brut employé; on les recueille et on les envoie dans un atelier de séparation de métaux précieux.

Les tubes de cuivre dégagés de la matrice et affranchis aux extrémités peuvent être immédiatement livrés au commerce.

Une condition indispensable pour la réussite du procédé est que le courant ne soit pas interrompu pendant le dépôt, parce qu'autrement il se produirait à la surface du cuivre une couche d'oxyde extrêmement mince, mais suffisante pour empêcher l'adhérence du métal, ce qui aurait l'inconvénient de diminuer la résistance du tube et peut-être aussi son étanchéité. Pour la même raison, des variations un peu importantes dans l'intensité du courant ou l'emploi de solutions impures de sulfate de cuivre sont préjudiciables à la bonne qualité des objets obtenus.

A l'usine de Schladern, on fabrique annuellement, par ce procédé, près de 1 million et demi de kilogrammes de tubes en cuivre. La force motrice est obtenue pour 600 *chx* par la Sieg, et pour 200, par un moteur à vapeur. On produit des tubes de grand diamètre pour former des enveloppes de condenseurs, par exemple, certains de 2,50 *m* de diamètre et 6 *m* de longueur, du poids de 3 000 *kg*. Il faut des vases spéciaux pour le traitement de pièces de ce genre, tandis que, pour les tubes plus petits, on peut en faire un certain nombre à la fois dans les récipients dont nous avons parlé.

On emploie généralement le cuivre qui sert d'anode sous forme de grenaille, mais on peut également se servir de feuilles de cuivre qu'on place au fond des vases et qui agissent de la même manière.

Comme l'épaisseur du métal déposé est exactement de 4,4 *mm* par semaine, il n'est pas besoin de mesurer l'épaisseur du tube en cours d'opération : le temps écoulé suffit pour apprécier la marche du travail et son achèvement. Les noyaux qui servent de matrices sont formés d'une matière qui fond facilement, et dont la composition est tenue secrète. Avant de commencer l'opération, on recouvre la surface du noyau d'une mince couche d'étain et, lorsqu'elle est terminée, on fond le noyau en exposant le tout à l'action de la vapeur. Après qu'on a coupé l'extrémité des tubes, on soumet ceux-ci à une épreuve par pression hydraulique. Ils sont parfaitement lisses en dehors et en dedans, et d'une épaisseur rigoureusement uniforme.

Pour pouvoir modifier suivant les besoins les dimensions des tubes livrés au commerce, l'établissement dont nous nous occupons contient

des bancs d'étirage. Un de ces bancs a 22 *m* de longueur et permet d'obtenir des tubes de 11 *m*. Les tubes obtenus par ce procédé ont la même résistance que ceux qui sont obtenus directement par étirage à froid. On peut, avec des matrices convenables, obtenir des tubes avec toutes les formes possibles de section.

Les résidus insolubles qu'on retire des récipients de précipitation électrolytique et qui contiennent les métaux précieux se vendent à raison de 2025 *f* la tonne. La dissolution de sulfate de cuivre contient toujours un peu de sulfate de fer; il faut donc, par intervalles, faire cristalliser, sous forme de vitriol bleu, pour séparer le vitriol vert. Le premier s'emploie de nouveau pour former la dissolution qui fournit le cuivre.

Mesure des températures très élevées. — La question de la mesure des très hautes températures présente aujourd'hui un très grand intérêt pour la science et pour l'industrie. Nous signalerons donc un pyromètre optique basé sur un principe déduit de considérations théoriques, mais confirmées par l'expérience, et nous en donnerons une brève description d'après une conférence faite par l'auteur, le docteur H. Wanner et résumée par l'*Engineering and Mining Journal*.

Disons d'abord que la méthode peut servir à mesurer des températures allant à 4 000° C. et au delà, et que l'inventeur, en s'en servant, a trouvé pour la température de l'arc électrique un chiffre à peu près identique à celui que d'autres savants ont obtenu par des procédés beaucoup plus compliqués. Ce fait constitue évidemment un témoignage important en faveur de cette méthode.

Lorsqu'un corps compact est porté à une température croissante, les rayons qu'il émet arrivent à l'œil et donnent des impressions différentes à mesure que la température augmente. Du rouge sombre, la couleur passe au rouge vif, à l'orange, au jaune et enfin au blanc. Ces faits s'expliquent parce que, aux rayons rouges primitifs, viennent s'ajouter, aux températures plus élevées, les autres couleurs du spectre, de manière à former finalement le blanc, qui les réunit toutes.

Si on analyse les rayons par le moyen d'un prisme, on observe, qu'avec l'accroissement de la température, chacune des couleurs simples, le rouge par exemple, éprouve une augmentation d'intensité qu'on peut mesurer avec un photomètre approprié. Si donc on connaît la loi qui détermine les relations mutuelles entre les facteurs déterminants (température, intensité lumineuse et longueur d'onde), on pourra mesurer les plus hautes températures par la mesure photométrique de l'intensité lumineuse d'une couleur déterminée.

L'appareil consiste ainsi en un photomètre contenant un prisme, pour obtenir une couleur simple séparément. On produit le spectre à la manière ordinaire, on en sépare, à l'aide d'un diaphragme, la lumière d'une certaine longueur d'onde, et on en mesure l'intensité lumineuse par polarisation. A la partie de l'appareil où le rayon est examiné est ajoutée une petite lampe à incandescence, dont la lumière sert de point de comparaison pour la mesure de l'intensité lumineuse qu'on se propose d'obtenir.

La partie dans laquelle on regarde est divisée en deux parties, dont

l'une est éclairée par la lampe à incandescence, et l'autre par la lumière provenant du corps chauffé, sur laquelle on fait les observations. En tournant l'oculaire contenant le prisme de Nicol, on amène les deux moitiés du champ éclairé à la même intensité, et on n'a qu'à lire le nombre de degrés sur une échelle circulaire divisée. En se reportant à une table qui accompagne l'instrument, on trouve la température cherchée. Ces températures ont été calculées au moyen de la loi dont nous avons donné plus haut le principe.

Le procédé est si simple qu'une personne sans instruction spéciale et d'une intelligence ordinaire en apprend rapidement l'usage. L'appareil a 0,30 *m* de longueur; il présente une disposition analogue à celle d'une lunette d'approche, et n'a pas besoin de support. Peu importe la distance à laquelle on observe le corps chaud, pourvu que le champ de la vision soit suffisamment éclairé par les rayons lumineux provenant de ce corps.

L'exactitude des résultats ne dépend que du soin apporté à l'observation et du degré auquel le corps observé remplit la condition d'être ce qu'on appelle, dans la théorie de la radiation, un corps sombre.

Le docteur Wanner a trouvé, par sa méthode, que la température des laitiers de hauts fourneaux, est de 1 320° C. à la sortie du haut fourneau, celle de la fonte, également à la sortie, 1 384° C., celle des laitiers sortant des convertisseurs, de 1 700° C. La température des gaz des convertisseurs paraît ne pas s'élever au-dessus de 1 500° C. On peut mesurer les variations de température provenant de l'addition des riblons, mais la température absolue ne peut être obtenue, à cause de la variation constante de transparence de la flamme. Celle de l'acier en fusion ne peut être obtenue qu'en visant directement la masse liquide.

L'avantage de cette méthode est qu'elle est fondée sur des lois naturelles et non sur des bases empiriques; l'appareil est portatif, toujours prêt à être employé, et il suffit de viser les parties dont on veut connaître la température pour obtenir celle-ci presque instantanément.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1903.

Rapport de M. BACLÉ sur le **laminoir Grey,** pour la fabrication des poutres à larges ailes.

Ce rapport décrit le laminoir avec lequel on fabrique des fers à double T à larges ailes, dont nous avons parlé dans la Chronique d'octobre 1902, page 589. Ce laminoir est établi, comme nous l'avions indiqué, aux forges de Differdange.

Rapport de M. ED. SIMON sur les **lunettes de protection,** de M. le docteur DÉTOURBE.

Ces appareils sont destinés à protéger contre les éclats et projections la lumière trop vive, l'atteinte de liquides ou gaz irritants ou toxiques, le vent, etc.; Les lunettes peuvent affecter diverses dispositions et constituent une solution simple et pratique de divers problèmes délicats et importants pour l'hygiène de certains travaux. Le très grand nombre d'applications déjà faites constitue une sanction de leur utilité.

Étude de quelques laboratoires industriels de l'Allemagne, par M. A. GRANGER.

Cette note étudie successivement : le laboratoire de la *Thonindustrie Zeitung*, journal qui est l'organe des industries de la poterie, briqueterie, céramique, de la fabrication des ciments, etc.; ce laboratoire est à Berlin, c'est une entreprise privée; ensuite, le *Versuche Astalt* de Charlottenburg, et le *Materials Prüfungs Anstalt,* à Nuremberg, établissements créés et entretenus par les royaumes de Prusse et de Bavière, et destinés principalement aux essais des matériaux et aux recherches d'un intérêt général et scientifique.

Expériences sur le travail des machines-outils, par M. CODRON *(suite)*.

Cette partie traite du forage du cuivre, du fer soudé, du fer fondu, de l'acier à outils, de l'acier ordinaire dur, de l'acier converti (rails), de l'acier coulé, et donne ensuite des détails sur les essais de forage opérés en faisant varier l'angle des tranchants et sous des vitesses différentes.

Notes de mécanique. — On trouve dans ces notes la description de la presse à forger de 2000 *t* des ateliers A. Borsig, de la machine motrice de 3000 *ch* de la station de force des tramways de Newcastle, d'une machine soufflante Westinghouse des aciéries de Toledo, Ohio,

une note de MM. Osmond, Frémont et Cartaud sur les modes de déformation et de rupture des fers et des aciers doux, et une de M. Ch. Renard sur la possibilité de soutenir en l'air un appareil volant du genre hélicoptère, en employant les moteurs à explosion dans leur état actuel de légèreté.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

2e semestre de 1903.

Neuvième Congrès international de navigation, tenu à Dusseldorf en 1902. — Rapport des délégués français *(suite)*.

Cette partie comprend : les rapports sur les ports de Brême et de Bremerhaven, par M. Ducrocq, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées; sur le port de Hambourg et l'Elbe maritime, par M. de Joly, Ingénieur des Ponts et Chaussées; sur le port de Lubeck, par M. Labordère, Ingénieur des Ponts et Chaussées; sur les communications par le Rhin, par M. Coblentz, Ingénieur des Ponts et Chaussées; sur le canal Empereur-Guillaume, par M. Crahay de Franchimont, Ingénieur des Ponts et Chaussées, et sur le canal de l'Elbe à la Trave, par MM. de Mas, Inspecteur général et Labordère, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Un résumé de ces divers rapports ayant été donné par M. Coiseau, dans le Bulletin de notre Société de décembre 1902, nous croyons devoir nous borner à y renvoyer nos collègues.

Vérification théorique des lois empiriques relatives à la forme du lit des rivières navigables à fond mobile, par M. Fargue, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite.

L'auteur avait exposé, dans des notes précédentes, des tentatives faites par lui en vue de cette vérification, mais les résultats manquaient de netteté. La présente note a pour but de donner la suite de ces recherches. Des considérations basées sur le fait de la continuité graphique et dynamique des trajectoires du centre du débit amènent à l'énoncé suivant d'un théorème d'hydraulique fluviale : « Moyennant un choix convenable d'échelles, et avec un écart égal au quart environ de la longueur du bief, le profil en long du chenal est à peu près identique à l'itinéraire des courbures des rives concaves ou de l'axe du tracé. » On peut donc considérer que les principes généraux de l'hydrodynamique confirment les lois empiriques de l'hydraulique fluviale, sinon dans leur texte littéral, du moins dans leur principe essentiel.

Étude hydrologique du Rhin allemand et du Mein. — Les crues et leur prévision, par M. E. Maillet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note est un court résumé d'une importante publication allemande de MM. Housell et von Tein. Elle donne des détails sur l'orga-

nisation du service des crues confié au gouvernement badois et qui a commencé à fonctionner en 1886 et sur les résultats obtenus.

Situation actuelle des études et des annonces des crues dans les principaux bassins français, par M. Babinet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Cette note donne l'historique de l'annonce des crues qui date du milieu du xixe siècle, elle décrit rapidement l'organisation du service et les procédés techniques employés pour prévoir la hauteur des crues en un point déterminé.

Le goudronnage des routes dans le département de Seine-et-Marne. Notes de M. Heude, Ingénieur en chef, et de MM. Sigault, Bory et Imbs, Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Ces notes décrivent pour les arrondissements de Meaux, de Fontainebleau et de Melun, les essais de goudronnage faits sur les routes en 1903, essais qui ont porté sur plus de 9 000 m^2 de chaussée représentant environ 16,5 *km*, le mode d'exécution, les précautions employées pour le goudronnage et les résultats obtenus. Jusqu'ici les résultats sont encourageants et si le goudron reste à des prix abordables; on peut espérer que son emploi sur les routes sera non seulement avantageux au point de vue de la propreté et de l'hygiène, mais encore économique.

Suppression de la poussière des chaussées empierrées par le goudronnage et l'emploi d'enduits collants. Note de M. Le Gavrian, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'essais faits depuis l'été de 1902, dans le département de Seine-et-Oise, à Ville-d'Avray et à Versailles. Ces essais ont été faits, non seulement avec du goudron de gaz, mais encore avec du Mazout et de l'huile neutre.

L'auteur estime que les deux procédés doivent être envisagés séparément; le goudronnage est un moyen de préservation des chaussées, et, pour ainsi dire, un procédé de construction assimilable jusqu'à un certain point à l'asphaltage des rues de Paris, tandis que l'emploi des autres substances, l'huilage des routes, est un moyen de suppression de la poussière analogue à l'arrosage, mais avec des effets bien plus prolongés. Les essais faits parallèlement sur les deux systèmes se continuent.

Longueur des routes nationales par département. — Il nous suffira d'indiquer qu'en 1903, il y avait en France, Algérie non comprise, une longueur totale de routes nationales de 38 370 311 *m* contre 38 265 519 en 1902. Sur le premier total, il y avait 35 877 076 *m* de chaussées empierrées, 2 226 349 *m* de chaussées pavées et autres et 167 080 *m* de chaussées en lacune.

Note sur **la reprise des travaux de fondation de la pile du pont de Villers-le-Lac,** par M. Mouret, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Ce pont, établi sur le Doubs, est formé d'un tablier métallique ou

poutre droite en deux travées. La pile intermédiaire a dû être fondée sur le rocher à 16 *m* en contrebas du fond de la rivière et à 21 *m* sous l'eau. Ce fonçage a été fait à l'air comprimé et, au cours des travaux, il dut être suspendu à cause de difficultés qui s'élevaient entre l'Administration et l'entrepreneur. Une crue des eaux noya le caisson avant qu'il fût arrivé à la profondeur fixée.

On fut amené à recourir à l'emploi de l'air comprimé en coiffant les hausses et l'emplacement de la fondation d'un caisson mobile de plus grandes dimensions, devant fonctionner comme cloche à plongeur. On put ainsi élever la maçonnerie jusqu'au niveau de l'eau, reprendre le fonçage suspendu depuis seize mois et le mener à fin. L'excédent de dépenses amené par l'emploi du caisson mobile peut être évalué à 11 000 *f*.

Avantages et inconvénients des égouts du système unitaire et du système séparatif, par M. Debauve, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit de l'analyse d'un rapport présenté par M. le docteur Imbeaux au XIe Congrès international d'hygiène, tenu à Bruxelles en 1903.

On sait que trois systèmes sont pratiqués pour l'évacuation des eaux des villes : 1° le système *séparatif* où deux canalisations distinctes, appropriées chacune à son objet, reçoivent les eaux séparées ; 2° le système *unitaire*, où toutes les eaux sont absorbées par un même réseau, et 3° le système *mixte* dans lequel le réseau des eaux usées peut recevoir une certaine quantité d'eaux pluviales, l'excédent étant conduit au fleuve ou à la mer par une canalisation spéciale.

Quel est le meilleur des trois systèmes ? On a beaucoup discuté à ce sujet. Le mémoire développe les avantages et les inconvénients de chacun et, comme conclusion, en admettant que les trois systèmes, bien appliqués, satisfont convenablement aux exigences de l'hygiène, semble se prononcer en faveur du système séparatif, qui est surtout avantageux lorsque les pentes sont faibles, est économique et donne un sewage de faible volume, se prêtant mieux à l'extraction des matières utiles et à l'épuration agricole, chimique ou bactérienne.

Unification des fers employés dans les constructions et des spécifications techniques, par M. Debauve, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

C'est le résumé d'une note parue dans le Bulletin de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* et dont nous avons parlé dans le *Bulletin* d'octobre de notre Société, page 444.

Note sur **le tracé des intrados en anse,** par M. M. d'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Note sur **un appareil destiné à épurer les eaux pluviales** recueillies dans les citernes, par M. Suquet, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cet appareil a été imaginé pour le service de maisons d'éclusiers alimentées d'eau par des citernes recueillant les eaux pluviales des toits.

Le principe consiste a rejeter hors de la citerne la première partie de la pluie tombée, partie qui a opéré le lavage du toit et à recueillir ensuite le reste de l'eau de pluie. Cette séparation s'opère par l'emploi d'un bac à deux becs qui suivant la position que lui donne un flotteur déverse l'eau qu'il reçoit du tuyau d'amenée dans la citerne ou dans un réservoir spécial combiné de manière à rendre l'épuration automatique, c'est-à-dire qne le déversement dans la citerne commence quand le réservoir en question a reçu 56 *l* d'eau impure, correspondant, dans le cas dont il s'agit, à un peu moins de 1 *mm* d'eau par mètre carré de surface de toiture. Ces appareil, qui ne coûte guère qu'une cinquantaine de francs, fonctionne très régulièrement.

ANNALES DES MINES

9e livraison de 1903.

L'industrie du pétrole en Californie, par M. Heurteau, Élève-Ingénieur des Mines.

De 1895 à 1902, par suite de la découverte et de la mise en exploitation de centres nouveaux, la production annuelle du pétrole en Californie a passé de 1 200 000 à 13 700 000 barils de 159 *l*. Elle atteint donc actuellement celle de la Pensylvanie et de la Virginie Occidentale qui est de 14 millions. Grâce à la production de la Californie et à celle du Texas qui atteint actuellement 15 millions de barils, les États-Unis vont pouvoir atteindre et dépasser la production de la Russie qui était de 85 millions de barils en 1900 contre 62 pour les États-Unis.

La note indique la place des régions pétrolifères sur la carte de la Californie pour montrer leur relation avec la topographie et l'orographie générales de la contrée; elle décrit ensuite les terrains pétrolifères, la succession des couches, leur nature et leur âge, puis passe en revue les divers centres d'exploitation en indiquant leur capacité de production et termine par une étude de la nature du pétrole de Californie et les usages auxquels il est employé, au premier rang desquels se trouve le chauffage des locomotives. Pour donner une idée de l'importance de cet usage, il suffira d'indiquer qu'en 1902 le Southern Pacific a consommé 5 900 000 barils et le Santa-Fé 1 500 000.

La note se termine par quelques considérations sur la production du pétrole au Texas et par une comparaison entre le pétrole de la Californie et celui du Texas.

Note sur **les affaissements produits dans le Cheshire par exploitation du sel,** par M. L. Bailly, Ingénieur des Mines.

Dans le Cheshire, où la plupart des salines sont situées à Northwich et a Winsford sur les bords de la Weaver, on exploite le sel par dissolution et pompage des eaux salées. Comme on estime les quantités totales extraites depuis deux siècles à 70 millions de tonnes pour tout le bassin,

il n'est pas étonnant que ces extractions énormes aient amené des affaissements considérables qu'on a dû renoncer depuis longtemps à mettre sur le compte des phénomènes naturels et qui ont donné ouverture à des indemnités réglées par une législation spéciale.

L'auteur explique qu'il a étudié cette question au point de vue de la situation analogue qui peut se présenter d'un jour à l'autre en Meurthe-et-Moselle.

10e livraison de 1903.

Note sur un exemple de **l'insuffisance d'un guidage diamétral convergent** comme dispositif évite-molettes, par M. A. Bachellery, Ingénieur des Mines.

Un accident, survenu en décembre 1901, a indiqué l'insuffisance de la convergence donnée aux guides dans leur partie supérieure située dans le chevalement pour empêcher la mise aux molettes d'une cage d'extraction. La note indique comment on peut modifier le guidage pour éviter la production d'accidents de ce genre.

Rapport à M. le Ministre des Colonies sur **les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie,** par M. E. Glasser, Ingénieur des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

Novembre-Décembre 1903.

District du Centre.

Réunion du 14 juin 1903.

Visite de l'usine de Saint-Jacques. — Les objets à signaler particulièrement dans cette visite sont : la station générale électrique, les pompes à haute pression et le burinage pneumatique, puis la fabrique de briques de scories dont les produits sont obtenus par le mélange de scories de verrerie préalablement tamisées avec de la chaux hydraulique ; les produits ainsi fabriqués sont surtout des briques et des boisseaux de cheminées.

Réunion du 6 juillet 1903.

Visite aux mines de la Bouble. — Les parties les plus intéressantes sont : l'atelier des machines et la production d'air comprimé et d'électricité, les chaudières, le calorifère pour réchauffer l'air entrant dans la mine en hiver (on chauffe de — 18 degrés à + 40 degrés), le monte-charge électrique pour le remblai qui a pour objet de relever les berlines de remblai du sol à la recette d'extraction où elles sont en cagées contre le charbon, l'atelier de préparation mécanique des charbons, les ventilateurs, les ateliers de réparation, la lampisterie et les chambres chaudes à l'usage du personnel.

Réunion du 18 octobre 1903.

Communication de M. Lemière sur **les formations sédimentaires.**

L'auteur expose la théorie des formations sédimentaires et les influences qui interviennent pour compliquer le classement des matières déposées et fait l'application de ces théories au terrain houiller de Montvicq.

District du Nord.

Réunion du 4 juillet 1903.

Visite des installations des mines de Nœux.

Au siége n° 8 on a remarqué une batterie de douze générateurs à bouilleurs de 75 m^2 de surface de chauffe chacun timbrés à 8 *kg*, chauffés aux schlamms et déchets de lavage, fournissant la vapeur à une machine d'extraction à deux cylindres de $1 \times 1,70$ *m* avec commande de distribution à soupapes par manchon Krafft-Audemar (1), chevalet en fer de 20 *m* de hauteur, etc., l'atelier de criblage avec moteurs électriques, compresseur d'air commandé par un moteur Corliss à deux cylindres jumelés, le service des eaux assuré par une pompe centrifuge compound système Wauquier à commande électrique, le trainage mécanique, les lavoirs, l'usine à agglomérés comprenant deux presses Biétrix donnent chacun 200 *t* de briquettes par jour, les fours de récupération dont cinquante sont actuellement en feu et reçoivent chacun 7,5 *t* de houille, enfin l'usine génératrice centrale d'électricité renfermant deux groupes composés chacun d'un moteur compound à condensation à cylindres de 550 et 875 *mm* avec 1 200 *mm* de course actionnant un alternateur volant; le courant produit est du triphasé à 5 000 volts qui alimente toute la concession avec environ 20 000 *m* de conducteurs.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 7 novembre 1903.

Communication de M. Mortier sur **les caractéristiques des ventilateurs et les moyens de les améliorer.**

Le pouvoir manométrique d'un ventilateur étant, pour une vitesse donnée, en relation invariable avec son débit, cette relation se trouve représentée par une courbe caractéristique de ce ventilateur ayant les volumes (ou les orifices) pour abcisses et les pouvoirs manométriques pour ordonnées. Ces courbes ont des formes diverses suivant la disposition des aubes.

La note indique les moyens d'améliorer ces caractéristiques et les applications qui en ont été faites.

(1) Voir au sujet de cette commande la Chronique de novembre 1903, page 571.

Communication de M. Camus sur **le traitement des feux de mines par l'acide carbonique liquide.**

L'auteur donne d'intéressants détails sur la manière dont on peut se servir de l'acide carbonique liquide qu'on obtient actuellement en bouteilles de 8, 10 et 20 *kg* pour traiter les feux de mines, la quantité de gaz à injecter et le prix de revient du traitement qui doit être assez faible Il termine par des considérations sur les précautions à prendre pour assurer la sécurité du personnel contre les dangers d'asphyxie.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *2 Janvier 1904.*

Arrangement des moteurs dans les ateliers de Leverkusen de la fabrique de machines précédemment Friedrich Bayer et C° à Elberfeld, par Fr. Frölich.

Montage du pont de Kemi-Isohaura, en Finlande.

Expériences comparatives avec de la vapeur saturée et de la vapeur surchauffée sur des locomotives, par Strahl.

Chaleur spécifique de la vapeur surchauffée par Weyranch.

Groupe du Rhin inférieur. — Le barrage d'Ennepe.

Groupe de Saxe. — Les installations électriques des tramways de Leipzig.

Bibliographie. — Lexique des inventions et découvertes dans le domaine des sciences naturelles et techniques, par F. M. Feldhaus. — Quatre mille ans de travail de pionnier dans les sciences exactes, par L. Darmstaedter et R. Du Bois Reymond.

Revue. — Emploi des turbines à vapeur Corliss et Parsons sur des navires de guerre américains. — Pont tournant sur le Canal de l'Erié. — Vitesse des trains rapides des chemins de fer anglais. — Expériences faites en Angleterre sur de l'acier pour travail rapide.

N° 2. — *9 Janvier 1904.*

Constructions à l'abri du fer aux États-Unis d'Amérique, par M. Gary.

Dispositions à donner aux locomotives et aux voitures automobiles pour permettre la réalisation de vitesses plus considérables, par M. A. Frank.

Chaleur spécifique de la vapeur surchauffée, par Weyranch *(fin).*

Établissement des dépenses de main-d'œuvre dans la fabrique de L. Loewe et Cie à Berlin, par M. Chr. Elsner.

Travaux du nouveau port de Haïdar-Pacha, près Constantinople.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Appareil pour déplacer les courroies avec des poulies étagées.

Groupe de Hambourg. — Réformes à introduire pour une construction rationnelle des machines marines.

Bibliographie. — Prévention des accidents dans l'industrie et l'agriculture, par K. Hartmann. — Dispositifs de sûreté dans la marine, par O. Flamm.

Revue. — Exposition internationale d'automobilisme, à Paris. — Les électro-aimants dans le service des ateliers. — Épuration des eaux potables par l'ozone. — Bateau de police pour le Rhin. — Laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Brunswick.

N° 3. — *16 Janvier 1904.*

Machine verticale à triple expansion de 1 000 à 1 200 *ch* construite par la fabrique de machines L. Lang, à Budapest, par S. Iglaner.

Expériences sur l'écoulement de la vapeur d'eau par M. F. Gutermuth.

Voyage d'études aux États-Unis, par M. P. Möller *(suite)*.

Le barrage du Nil près d'Assouan.

Suspension des cloches, par R. Kohfahl.

Réunion générale de l'Association des métallurgistes allemands à Dusseldorf, le 21 décembre 1903.

Revue. — Machine d'extraction électrique du puits Zollern II des mines de Gelsenkirchen. — Paliers graisseurs. — Dispositif pour l'épreuve des chaudières à tubes d'eau sur les navires.

N° 4. — *23 Janvier 1904.*

Compresseur d'air, par E. W. Koester.

Les turbines à vapeur de Brown-Boveri-Parsons, par O. Reidt.

L'enseignement technique aux États-Unis, par P. Kreuzpointner.

Poutres continues reposant sur des appuis élastiques, par P. Vianello.

Réunion générale de l'Association des métallurgistes allemands à Dusseldorf, le 21 décembre 1903 *(fin)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Les tramways électriques de Santiago au Chili.

Groupe de la Lenne. — Le barrage de Glörtal. — La poussière et sa prévention.

Revue. — Manœuvre des trains par l'électricité et l'air comprimé. — Torpilleurs hollandais *Smeroe*, *Tangka* et *Wajang*. — Chaudière tubulaire de M. Holtz. — Traction électrique dans les tunnels. — Machine pour l'enfoncement des pieux à vis. — Gazogène à aspiration pour briquettes de lignite.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Les Habitations Ouvrières en tous pays (*Supplément*), par M. Emile Cacheux.

M. Emile Cacheux, qui s'est fait depuis de longues années le champion de cette intéressante question des Habitations à bon marché, vient d'y consacrer un nouvel ouvrage qu'il intitule modestement : *Supplément.*

Ce " Supplément " renferme à lui seul 60 pages de texte grand format d'atlas et 40 planches, résumant l'état actuel de ce sujet philanthropique entre tous.

L'auteur examine d'abord ce qui s'est fait en France, et étudie l'action de l'Etat, des Communes, des Etablissements officiels comme la Caisse des Dépôts et Consignations et les Caisses d'Epargne, de l'Assistance publique, des Compagnies de chemins de fer, des Industriels, des Sociétés financières, philanthropiques, de bienfaisance, coopératives, d'assurances, de secours mutuels, de caisses de retraites, scientifiques, et termine par l'examen des efforts faits par les particuliers. Ce chapitre abonde en aperçus curieux et en chiffres intéressants.

Il passe ensuite en revue, en suivant la même méthode, ce qui s'est fait en Allemagne, en Amérique, en Angleterre, en Autriche-Hongrie, en Belgique, en Danemarck, en Espagne, en Italie, dans les Pays-Bas, en Suède et Norwège, en Russie, en Suisse.

Un chapitre spécial est consacré aux hôtels meublés ; un autre, à la bibliographie de tous les ouvrages de quelque valeur — et ils sont nombreux — qui ont été publiés en France et à l'étranger dans ce domaine.

Enfin l'auteur publie, sous forme d'annexe, les lois et règlements régissant la matière en France, ainsi que la loi sur la santé publique du 15 février 1902 et le règlement du 13 août de la même année, relatif aux constructions dans Paris, ces deux dernières réglementations étant étroitement liées à celle des habitations à bon marché.

Dans les planches. fort utiles à consulter, on trouve tous les types français ou étrangers les plus intéressants et les plus appropriés à leurs besoins suivant les climats et les mœurs des habitants ; des plans, des élévations, des coupes nombreuses, permettant de se rendre un compte exact des installations et des services rendus. Il y a là une collection des plus précieuses, introuvable ailleurs ainsi condensée, et résumant tous les types jusques et y compris les maisons de gardes forestiers, de garde-barrières des compagnies de chemins de fer, les pavillons campagnards comme les grandes maisons casernes à six étages ; des maisons démontables, des hôtels meublés, les principaux types exposés en 1889 et en 1900, etc., etc.

L'auteur termine fort judicieusement par un parallèle entre les anciennes habitations ouvrières insalubres et celles de construction

moderne, qui sont munies de tout l'agencement perfectionné dû à la science actuelle, tout à l'égout, etc.

Les ingénieurs et les architectes consulteront avec fruit ce consciencieux et substantiel travail, dans lequel ils trouveront à profusion nombre de types d'immeubles et de questions de détail pouvant leur rendre les plus grands services.

A. Moreau.

IIIe SECTION

Guide pratique de mesures et essais industriels (1)
(Tome II), par MM. Montpellier et Aliamet.

Ce deuxième volume, qui fait suite à celui dont nous avons donné l'analyse dans le Bulletin de mai 1899, est relatif aux Instruments et Méthodes de mesure des quantités magnétiques.

Il n'existait pas encore d'ouvrage concernant les essais magnétiques des fers, fontes et aciers employés dans la construction des machines électriques, et les auteurs, en comblant cette lacune, ont rendu service aussi bien aux électriciens qu'aux métallurgistes.

Ce fascicule est divisé en 4 chapitres qui sont les suivants :

I. — Les quantités et les unités magnétiques.
II. — Considérations générales sur l'examen des fers et aciers et sur les mesures magnétiques.
III. — Mesure de l'induction en fonction de la force magnétisante.
IV. — Mesure de l'hystérésis.

L'ouvrage se termine par un appendice sur les transformations allotropiques du fer et sur la technique métallographique des aciers.

G. Baignères.

La règle à calcul (2) par A. Jully.

M. A. Jully, Inspecteur de l'enseignement manuel dans les écoles de la Ville de Paris, vient de publier un petit volume sur la Règle à calculs, à l'usage des élèves des écoles et des cours professionnels.

On trouve dans cet opuscule : l'exposé clair et complet des notions théoriques élémentaires nécessaires à l'emploi de la règle, et de nombreuses applications pratiques.

M. Duplaix.

Règle à calculs. *Instruction*, *Applications numériques*, *Tables et formules*, par M. A. Beghin. (3e édition) (3).

Il a été rendu compte, dans le Bulletin de la Société, des 1re et 2e éditions de l'Instruction relative à la Règle à calculs Beghin, de sa théorie

(1) In-8, 250 × 165 de 164 p. avec 73 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 6 f.
(2) In-16, 180 × 130 de 125 pages. Paris, E. Bernard. Prix : broché, 1 fr. 50.
(3) In-8°, 255 × 165 de XI-128 pages. Paris, Ch. Béranger, 1904. Prix : broché, 2 francs.

et des opérations, parfois assez complexes, que cette règle permet d'effectuer.

M. A. Beghin publie une 3e édition de son Instruction, dans laquelle il s'est proposé, en s'aidant d'une terminologie spéciale, de faire un exposé mieux coordonné des propriétés et des applications de sa règle à calculs.

Cette tentative intéressante paraît devoir être signalée aux personnes qui seraient désireuses de se familiariser avec le fonctionnement de la règle.

M. Duplaix.

VIe SECTION

Cours d'électricité (1) par M. H. Pellat. — Tome II. — Dans le bulletin de mars 1902, nous avons donné une analyse du tome Ier de ce Cours d'électricité, professé par M. H. Pellat à la Sorbonne.

Ce deuxième volume, qui sera bientôt suivi d'un troisième, est divisé en six chapitres, qui traitent : de l'électrodynamique, du magnétisme, des phénomènes d'induction, des électromoteurs, du transport électrique du travail, des courants alternatifs, des courants polyphasés, des transformateurs, des oscillations électriques et des mesures électromagnétiques.

Toutes ces questions sont étudiées avec le plus grand soin et, en ce qui concerne les applications de l'électro-magnétisme et de l'induction, l'auteur s'excuse, en raison du développement qu'elles ont prises aujourd'hui, de ne pouvoir en donner qu'un aperçu; il renvoie donc le lecteur qui voudrait les approfondir aux ouvrages spéciaux.

Le Cours d'électricité se termine par des notes relatives à la théorie du déplacement électrique de Maxwell, à la propagation d'une onde électromagnétique plane, au principe de la théorie électromagnétique de la lumière, à la propagation d'un courant à oscillations rapides dans un conducteur, à la distribution de la densité du courant dans un conducteur cylindrique à section circulaire parcouru par un courant alternatif, et, enfin, au champ magnétique à l'intérieur d'une bobine cylindrique.

G. Dumont.

Théorie et calcul des phénomènes du courant alternatif (2), par Charles Proteus Steinmetz. Traduit sur la troisième édition américaine, revue et augmentée, par H. Mouzet, Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'ouvrage original, dont M. Mouzet a traduit la troisième édition, a eu un succès que justifie l'autorité de M. Steinmetz dont les travaux sont universellement connus.

La science profonde de l'auteur, son esprit critique, ses vues person-

(1) In-8°, 255×165 de 554 p., avec 221 fig. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix, broché : 18 francs.

(2) In-8°, 250 × 165 de xx-526 pages avec 210 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. — Prix, broché : 20 francs.

nelles et ses partis pris donnent à cette étude du courant alternatif un tour et un attrait qu'on trouverait difficilement dans les travaux analogues.

Comme l'auteur prend soin de nous en aviser dans sa préface, cet ouvrage n'est pas destiné au premier enseignement des commerçants : il suppose, au contraire, des connaissances préliminaires étendues en électricité, et également en mathématiques, bien que l'algèbre élémentaire et la trigonométrie dominent dans les calculs, et que l'emploi du calcul infinitésimal ait été réduit le plus possible.

Une partie considérable de l'ouvrage a été consacrée aux applications de la méthode des quantités imaginaires complexes, pour qui l'auteur a toujours eu une prédilection particulière dans l'étude des courants alternatifs, et dont il a donné les prémisses dans un travail lu devant le Congrés international d'Électricité, à Chicago, en 1893.

L'appendice I comprend un exposé des opérations algébriques concernant les quantités complexes, de manière que le lecteur y acquiert les éléments dont il a besoin dans le cours de l'ouvrage.

Un grand nombre des démonstrations sont originales et appartiennent en propre à M. Steinmetz ; quelques-unes sont classiques depuis longtemps et simplement reproduites, d'autres paraissent pour la première fois. Les principaux chapitres, où on trouve nécessairement enchaînés les théorèmes de géométrie pure et les lois de l'induction électro-magnétique, sont relatifs :

Aux valeurs instantanées et valeurs moyennes des ondes;
Aux lois de l'induction;
A la représentation graphique des ondes;
Aux méthodes symboliques (emploi des imaginaires);
A la méthode que l'auteur appelle « topographique »;
Aux circuits contenant résistance, self-induction et capacité;
Aux lignes de transmission (résistance et réactance);
A la résistance et à la réactance efficaces;
Aux courants de Foucault;
A la puissance;
A la capacité répartie, avec self-induction, résistance et déperdition;
Au transformateur général à courant alternatif;
Au moteur d'induction;
Au générateur à courant alternatif et à la synchronisation des alternateurs;
Au moteur synchrone;
Aux moteurs à commutateur et aux machines à réaction;
A la déformation de l'onde et à ses causes;
Aux effets des harmoniques supérieurs;
A la représentation symbolique des ondes alternatives de forme générale;
Aux systèmes polyphasés en général (symétriques ou non, équilibrés ou non);
A la comparaison des systèmes de distribution;
Au système triphasé et au système diphasé;
Et aux courants oscillants

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1904

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN FRANÇAIS	
Académie des Sciences (Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l') . .	52
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires de l')	1
Aéronaute (L')	12
Aérophile (L')	12
Almanach Hachette	1
Analyse des Eaux prélevées par le Laboratoire Municipal	52
Annales de la Construction (Nouvelles)	12
Annales des Chemins Vicinaux.	12
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	24
Annales des Mines	12
Annales des Mines de Belgique (Bruxelles)	4
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Administrative.	12
Annales des Ponts et Chaussées. Partie Technique.	4
Annales des Travaux Publics de Belgique	6
Annales du Commerce Extérieur	12
Annales du Ministère de l'Agriculture	6
Année Industrielle (L').	1
Année Scientifique et Industrielle (L').	1
Année Technique (L')	1
Annuaire-Almanach du Commerce, de l'Industrie, etc. (Didot-Bottin)	1
Annuaire-Chaix. Les Principales Sociétés par Actions.	1
Annuaire d'Adresses des Fonctionnaires du Ministère des Travaux Publics . .	1
Annuaire de l'Administration des Postes et des Télégraphes de France	1
Annuaire de la Librairie Française	1
Annuaire de la Presse Française et du Monde Politique	1
Annuaire de la Traction : Automobiles, Cycles, Chemins de fer, Tramways,	1
et les Industries qui s'y rattachent	1
Annuaire des Journaux	1
Annuaire des Longitudes.	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret).	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Annuaire du Ministère des Travaux Publics	1
Annuaire et Aide-Mémoire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	1
Annuaire Général des Industries : Gaz, Eaux, Électricité (Guide-).	1
Annuaire Général des Sociétés Françaises par Actions (Cotées et non Cotées) et des Principales Sociétés Étrangères	1
Annuaire Marchal des Chemins de Fer et des Tramways.	1
Annuaire Statistique de la France	1
Annuaire Statistique de la Ville de Paris	1
Architecture (L'), Journal hebdomadaire de la Société Centrale des Architectes Français	52
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française).	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin de l')	12
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin de l').	12
Associations de Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Compte Rendu des Séances des Congrès des Ingénieurs en Chef des)	1
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie de France et des Colonies (Bulletin de l')	12
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin de l').	1
Association des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin de l').	4
Association des Ingénieurs de l'Institut Industriel du Nord	4
Association des Ingénieurs Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin de l')	12
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire de l').	5
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin de l')	4
Association des Ingénieurs sortis de l'Université de Bruxelles. École Polytechnique. Liste des Membres.	1
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales de l')	4
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Bulletin de l'Afas	12
Association Française pour l'Avancement des Sciences. Comptes Rendus des Sessions	1
Association Française pour la Protection de la Propriété Industrielle (Bulletin de l')	1
Association Internationale des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction (Réunion des Membres Français et Belges de l') (Paris)	12
Association Internationale pour la Protection de la Propriété Industrielle (Annuaire de l')	1
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur	1
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin de l')	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur. Bulletin Annuel.	1
Association Polytechnique (Bulletin de l')	12
Association Technique Maritime (Bulletin de l')	1
Avenir de l'Automobile et du Cycle (L')	12
Avenir des Chemins de Fer (L')	52
Béton Armé (Le)	12
Bibliographie de la France. Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie.	52
Bibliographie des Sciences et de l'Industrie	12
Bulletin des Constructeurs	52
Bulletin des Transports Internationaux par Chemins de Fer (Berne)	12
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne	12
Bulletin International de l'Électricité et Journal de l'Électricité réunis	24
Bulletin Technique de la Suisse Romande. Organe en Langue Française de la Société Suisse des Ingénieurs et Architectes (Lausanne)	24
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires du)	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	24
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances de la)	12
Chambre de Commerce de Dunkerque (Statistique Mensuelle de la)	12
Chambre de Commerce de Paris (Bulletin de la)	52
Chambre de Commerce de Paris (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce de Rouen (Compte Rendu des Travaux de la)	1
Chambre de Commerce Française d'Alexandrie (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal (Bulletin de la)	12
Chambre de Commerce Française de Portugal. Compte Rendu Annuel	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Chambre des Propriétaires (La). Bulletin de la Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris	24
Chambre Syndicale des Propriétés Immobilières de la Ville de Paris (Annuaire).	1
Chauffeur (Le). 4e Série du Technologiste	24
Chemin de Fer du Nord. Rapport présenté par le Conseil d'Administration	1
Chemins de Fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine du Royaume de Belgique. Compte Rendu des Opérations	1
Chronique Industrielle	12
Ciment (Le)	12
Comité Central des Houillères de France (Annuaire du)	1
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	1
Comité de l'Afrique Française (Bulletin du)	12
Comité des Forges de France (Annuaire du)	1
Comité des Forges de France (Bulletin du)	104
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin de la)	12
Compagnie Générale des Omnibus de Paris. Rapport du Conseil d'Administration	1
Compagnie Générale des Voitures à Paris. Rapport du Conseil d'Administration.	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité Permanent du)	4
Congrès des Sociétés Savantes. Discours prononcés à la Séance du Congrès	1
Congrès des Sociétés Savantes. Programme du Congrès	1
Conseil d'Hygiène Publique et de Salubrité du Département de la Seine (Compte Rendu des Séances du)	26
Conseil Supérieur du Travail	1
Construction Moderne (La)	52
Cosmos (Le)	52
Direction de l'Hydraulique Agricole (Bulletin de la)	1
Écho des Mines et de la Métallurgie (L')	104
Éclairage Électrique (L'). Revue Hebdomadaire des Transformations Électriques, Mécaniques, Thermiques de l'Énergie	52
École Centrale des Arts et Manufactures. Portefeuille des Travaux de Vacances des Élèves	1
École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de Dessins distribués aux Élèves. Légendes Explicatives des Planches	1
École Nationale des Ponts et Chaussées (Voir : Annales des Ponts et Chaussées).	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
École Nationale Supérieure des Mines (Voir : Annales des Mines)	»
École Spéciale d'Architecture. Concours de Sortie.	1
École Spéciale d'Architecture. Séance d'Ouverture	1
École Spéciale de Travaux Publics (Voir : L'Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics)	»
Économiste Français (L').	52
Electricien (L').	52
Electrochimie (L').	12
France Automobile (La)	52
Génie Civil (Le)	52
Globe Trotter (Le).	52
Houille Blanche (La) (Revue générale des Forces Hydro-Électriques et de leurs Applications).	12
Illustration (L').	52
Index de la Presse Technique (Art de l'Ingénieur)	12
Industrie Électrique (L').	24
Ingénieur-Constructeur de Travaux Publics (L') (Revue trimestrielle. Organe Officiel de l'Association Amicale des Élèves et anciens Élèves de l'École spéciale de Travaux Publics)	4
Inspection du Travail (Bulletin de l').	6
Institut des Actuaires Français (Bulletin de l')	4
Institut Égyptien (Bulletin de l').	8
Inventions Illustrées (Les).	52
Journal Amusant (Le).	52
Journal d'Agriculture Pratique	52
Journal de la Meunerie	12
Journal de l'Éclairage au Gaz	24
Journal de l'Électrolyse	24
Journal des Chemins de Fer	52
Journal des Transports	52
Journal des Travaux Publics	104
Journal des Usines à Gaz	24
Journal du Pétrole et des Industries qui s'y rattachent	24
Journal Officiel.	365
Journal Technique et Industriel	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Journal Télégraphique (Berne)	12
Laboratoire d'Essais Mécaniques, Physiques, Chimiques et de Machines du Conservatoire National des Arts et Métiers (Bulletin du)	?
Locomotion Automobile (La)	52
Marine Française (La)	24
Matériaux de Construction (Les) (Stuttgart)	24
Mécanique. Électricité. Journal Technique Mensuel	12
Mémorial du Génie Maritime	2
Métallurgie et la Construction Mécanique (La)	52
Mois Scientifique et Industriel. Revue Internationale d'Informations	12
Monde Illustré (Le)	52
Moniteur de l'Industrie et de la Construction et Bulletin de la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève	24
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	24
Moniteur de la Papeterie Française et de l'Industrie du Papier (Le)	24
Moniteur des Fils et Tissus	52
Moniteur des Intérêts Matériels	104
Moniteur Maritime	52
Moniteur Officiel du Commerce	52
Moniteur Scientifique du Docteur Quesneville	12
Mouvement Industriel et les Brevets Français (Le)	46
Musée Social (Annales)	12
Musée Social (Mémoires et Documents)	12
Nature (La)	52
Observatoire de Nice (Annales de l')	1
Observatoire Météorologique, Physique et Glaciaire du Mont-Blanc (Annales de l')	1
Office Colonial (Feuille de Renseignements de l')	12
Office du Travail (Bulletin de l')	12
Office National du Commerce Extérieur	1
Papier (Le)	12
Paris-Hachette. Annuaire Complet, Commercial, Administratif et Mondain.	1
Portefeuille Économique des Machines	24
Praticien Industriel (Le)	12
Publications Nouvelles de la Librairie Gauthier-Villars (Bulletin des)	4
Questions Diplomatiques et Coloniales. Revue de Politique Extérieure	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Quinzaine Coloniale (La). Organe de l'Union Coloniale Française	24
Rapports Commerciaux des Agents Diplomatiques et Consulaires de France (Annexe au Moniteur Officiel du Commerce)	52
Rapports sur l'Application des Lois réglementant le Travail	1
Recueils Statistiques sur les Métaux suivants : Plomb, Cuivre, Zinc, Étain, Argent, Nickel, Aluminium et Mercure, établis par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G. (Francfort-sur-Mein)	1
Réforme Économique (La)	46
Réforme Sociale (La)	24
Régence de Tunis. Bulletin de la Direction de l'Agriculture et du Commerce	4
Répertoire Bibliographique de la Librairie Française	12
Répertoire du Journal Officiel de la République Française	12
Répertoire général de Chimie Pure et Appliquée	24
Répertoire général des Fournisseurs de l'Armée, de la Marine et des Travaux Publics	1
Revue Bleue	52
Revue Coloniale	6
Revue d'Artillerie	12
Revue d'Hygiène Publique et de Police Sanitaire	12
Revue de Chimie Industrielle	12
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	1
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	6
Revue de Madagascar. Organe du Comité de Madagascar	12
Revue de Mécanique	12
Revue de Métallurgie	12
Revue des Cultures Coloniales	24
Revue du Génie Militaire	12
Revue Générale de Chimie Pure et Appliquée	24
Revue Générale de l'Acétylène	24
Revue Générale de la Marine Marchande	52
Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways	12
Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées	24
Revue Horticole	24
Revue Industrielle	52
Revue Maritime	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Revue Minéralurgique (La), Mines, Métallurgie, Travaux Publics	12
Revue Philomathique de Bordeaux et du Sud-Ouest	12
Revue Scientifique	52
Revue Technique, Annales des Travaux Publics, des Chemins de Fer et de l'Assainissement	24
Revue Universelle des Mines, de la Métallurgie, etc.	12
Science, Arts, Nature	52
Semaine Financière (La)	52
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine. Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube (Mémoires de la)	1
Société Anonyme du Canal et des Installations Maritimes de Bruxelles. Rapport du Conseil d'Administration	1
Société Astronomique de France (Bulletin de la)	12
Société Belge d'Électriciens (Bulletin de la)	12
Société Belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (Bulletin de la)	6
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (Liste des Membres)	1
Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport Annuel	1
Société d'Économie Politique (Bulletin de la)	1
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin de la)	12
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. Compte Rendu bi-Mensuel des Séances	24
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin de la)	24
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin de la)	12
Société de Géographie de l'Est (Bulletin de la)	4
Société de l'Enseignement Professionnel et Technique des Pêches Maritimes (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin de la)	4
Société de l'Industrie Minérale (Compte Rendu Mensuel des Réunions de la)	12
Société de Protection des Apprentis (Bulletin de la)	4
Société de Secours des Amis des Sciences. Compte Rendu de l'Exercice	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin de la)	24

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Société des Agriculteurs de France. Comptes Rendus des Travaux de la Session Générale Annuelle	1
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers. Bulletin Technologique	12
Société des Études Coloniales et Maritimes (Bulletin de la)	12
Société des Ingénieurs sortis de l'École Provinciale d'Industrie et des Mines du Hainaut (Publications de la) (Liège)	4
Société Forestière Française des Amis des Arbres (Bulletin de la)	4
Société Française de Minéralogie (Bulletin de la)	12
Société Française de Photographie (Bulletin de la)	24
Société Française de Photographie (Laboratoire d'essais de la). Mémoires et Documents	24
Société Française de Physique. Compte Rendu	24
Société Française de Physique (Séances de la)	4
Société Française des Ingénieurs Coloniaux (Bulletin de la)	4
Société Géologique de France (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de l'Est (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin de la)	12
Société Industrielle de Mulhouse. Programme des Prix	1
Société Industrielle de Reims (Bulletin de la)	1
Société Industrielle de Reims. Informations et Renseignements Commerciaux.	12
Société Industrielle de Rouen (Bulletin de la)	6
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin de la)	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin de la)	4
Société Internationale des Électriciens (Bulletin de la)	12
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin des Séances de la)	12
Société Nationale d'Agriculture de France. (Mémoires publiés par la). Séance Publique Annuelle	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin de la)	4
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte Rendu du Congrès	1
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin de la)	2
Spelunca. Bulletins et Mémoires de la Société de Spéléologie	4
Statistique Annuelle des Institutions d'Assistance	1
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	1
Statistique de la Navigation Intérieure	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 1re Partie) . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Divers, 2e Partie). . . .	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	1
Statistique des Grèves et des Recours à la Conciliation et à l'Arbitrage. . . .	1
Statistique des Houillères en France et en Belgique	1
Statistique Générale de la France	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	52
Syndicat des Entrepreneurs de Travaux Publics de France (Annales du) . . .	24
Syndicat des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs de Paris (Bulletin) . .	12
Syndicats Professionnels, Industriels, Commerciaux et Agricoles (Annuaire des)	1
Tableau Général du Commerce et de la Navigation	1
I. Commerce (Commerce de la France avec ses Colonies et les Puissances Étrangères).	
II. Navigation (Navigation Internationale. Cabotage Français et Effectif de la Marine Marchande).	
Touring-Club de France (Revue Mensuelle du).	12
Tout-Paris. Annuaire de la Société Parisienne.	1
Travaux Publics (Les). Journal Mensuel traitant de la Pratique de l'Art de Construire. Organe Officiel de la Société des Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Mines.	12
Travaux Techniques des Officiers du Génie de l'Armée Belge (Recueil des) (Ixelles).	1
Tribune des Travaux Publics (La). Bulletin de la Société des Ingénieurs auxiliaires, Sous-Ingénieurs, Conducteurs, Contrôleurs et Commis des Ponts et Chaussées, des Mines, des Chemins de fer et de l'Hydraulique Agricole . .	36
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain. Bulletin et Mémoires.	4
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin de l').	4
Université de Liège. Association des Élèves des Écoles Spéciales. Bulletin Scientifique.	12
Université Libre de Bruxelles. Rapport sur l'Année Académique	1
Usines Électriques (Bulletin des). Organe du Syndicat Professionnel des Usines d'Électricité	12
Volta (Le) Électricité. Industries Annexes.	1
Yacht (Le), Journal de la Marine	52
Yachting Gazette. Journal de la Navigation de Plaisance	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
EN ALLEMAND	
Akademie der Wissenschaften (Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kaiserlichen) (Wien)	6
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	24
Architektur- und Ingenieurwesen (Zeitschrift für) (Hannover)	8
Baumaterialienkunde (Stuttgart)	24
Berg-Hütten-und Salinenwesen im preussischen Staate (Zeitschrift für das) (Berlin)	6
Berg-und Hüttenmännische Zeitung (Leipzig)	52
Dampfkessel-und Maschinenbetrieb (Zeitschrift für) (Berlin)	52
Gesellschaft Ehemaliger Studierender der Eidg. Polytechnischen Schule in Zürich (Bulletin der)	1
Glückauf. Berg-und Huttenmännische Zeitschrift (Essen)	52
Index der Technischen Presse (Ingenieurkunst)	12
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie-und Erdmagnetismus (Jahrbücher der) (Wien)	1
Maschinen-Konstrukteur (Der praktische) (Leipzig)	26
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift des) (Wien)	52
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	36
Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines (Zeitschrift des) (Wien)	52
Oesterreichischen Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen (Leoben)	52
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	12
Repertorium der Technischen Journal-Litteratur (Berlin)	1
Schweizerische Bauzeitung (Zürich)	52
Stahl und Eisen. Zeitschrift für das Deutsche Eisenhüttenwesen (Düsseldorf)	24
Vereines Deutscher Ingenieure (Zeitschrift des) (Berlin)	52
Vereines für die Förderung des Local-und Strassenbahnwesens (Mittheilungen des) (Wien)	12
Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen (Zeitung des) (Berlin)	104
Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	4
Zeitschrift für Elektrotechnik (Organ des Elektrotechnischen Vereines in Wien)	52
Zentralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	104

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN
EN ANGLAIS	
Administration Report of the Government of Bengal, Irrigation Department (Calcutta)	1
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings of the) (Boston)	24
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	12
American Institute of Electrical Engineers (Transactions of the) (New-York)	12
American Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Railway Master Mechanics' Association (Chicago)	1
American Railway Engineering and Maintenance of Way Association (Chicago)	1
American Society of Civil Engineers (Proceedings of the) (New-York)	12
American Society of Civil Engineers (Transactions of the) (New-York)	2
American Society of Mechanical Engineers (Transactions of the) (New-York)	1
American Society of Naval Engineers (Journal of the) (Washington)	4
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Philadelphia)	12
Australasian Institute of Mining Engineers (Transactions of the) (Melbourne).	2
Autocar (The) (London)	52
Automotor Journal (The) (London)	52
Boston Society of Civil Engineers. Constitution and By-Laws and List of Members	1
Boston Transit Commission (Annual Report of the) (Boston)	1
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	1
Canadian Institute (Proceedings of the) (Toronto)	2
Canadian Institute (Transactions of the) (Toronto)	2
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions of the) (Montreal)	2
Cassier's Magazine (London)	12
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	1
City Engineer of Newton (Annual Report of the)	1
Colliery Guardian (The). Journal of the Coal and Iron Trades. (London)	52
Cornell University Register (The) (Ithaca)	1
Electrical Engineer (The) (London)	52
Electrical Review (New-York)	52

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Electrical World and Engineer (New-York)	52
Engineer (The) London	52
Engineering (London)	52
Engineering and Mining Journal (The) (New-York)	52
Engineering Magazine (The) (New-York)	12
Engineering News (New-York)	52
Engineering Record (The) (New-York)	52
Engineering Review (The) (London)	12
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers Read before the) Toronto)	1
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings of the) (Philadelphia)	4
Field Columbian Museum (Annual Report) (Chicago)	1
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	12
Index of the Technical Press (Engineering)	12
Indian Engineering (Calcutta)	52
Institute of Marine Engineers (Annual Volume of Transactions of the) (London)	1
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings of the) (London)	4
Institution of Civil Engineers. Private Press. (London)	24
Institution of Civil Engineers of Ireland (Transactions of the) (Dublin)	1
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London)	6
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions of the) (Glasgow)	1
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings of the) (London)	4
Institution of Mining and Metallurgy (Transactions of the) (London)	1
Institution of Naval Architects (Transactions of the) (London)	1
Iron Age (The) (New-York)	52
Iron and Coal Trades Review (The) (London)	52
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London)	2
John Crerar Library (Annual Report of the) (Chicago)	1
Mac Gill College and University (Annual Calendar of) (Montreal)	1
Manchester Steam User's Association (The) (Manchester)	1
Massachusetts Institute of Technology. Annual Catalogue. (Boston)	1
Massachusetts Institute of Technology. Annual Report of the President and Treasurer. (Boston)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Master Car Builders' Association (Chicago)	1
Midland Institute of Mining, Civil and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Barnsley)	4
Mineral Industry, its Statistics, Technology and Trades in the United States and other Countries (The) (New-York)	1
North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	1
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions of the) (Newcastle-Upon-Tyne)	4
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions of the) (Halifax. Nova Scotia)	1
Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages (Tokyo)	2
Railroad Gazette (New-York)	52
Railway Age (The) (Chicago)	52
Railway Engineer (London)	12
Railway Machinery (New-York City)	12
Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia (Halifax)	1
Scientific American (New-York)	52
Smithsonian Institution (Annual Report of the Board of Regents of) (Washington)	1
Society of Arts (Journal of the) (London)	52
Society of Engineers. Transactions. (London)	1
Street Department of City of Boston (Annual Report of the)	1
Street Railway Journal (The) (New-York)	52
Traction and Transmission (London)	12
United States Artillery (Journal of the) (Fort Monroe. Virginia)	6
United States Coast Geodetic Survey (Report of the Superintendent of the) (Washington)	1
United States Geological Survey (Annual Report of the) (Washington)	1
United States Naval Institute (Proceedings of the) (Annapolis)	4
Universal Directory of Railways Officials (The) (London)	1
University of the State of New-York (New-York State Museum Annual Report of the Regents) (Albany)	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
University of the State of New-York. New-York State Museum. Bulletin (Albany)	12
War Department (Annual Report of the) (Report of the Chief of Engineers) (Washington)	1
Western Society of Engineers (Journal of the) (Chicago)	6
EN DANOIS	
Ingenioren (Kjobenhavn)	52
EN ESPAGNOL	
Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (Boletin de la Real) (Barcelona)	4
Anales de la Secretaria de Communicaciones y Obras Públicas (Mexico)	4
Anuario de la Mineria, Metallurgia y Electricidad de España (Madrid)	1
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales de la) (México)	1
Boletin de la Secretaria de Fomento (México)	12
Boletin de Minas Industria y Construcciones (Lima)	12
Boletin Industrial. Organo Oficial de la Asociación de Ingenieros Industriales (Madrid)	12
Boletin de Obras Públicas de la Republica Argentina (Buenos-Aires)	4
Industria é Invenciones (Barcelona)	52
Instituto de Ingenieros de Chile (Santiago)	12
Instituto Geológico de Mexico (Boletin del)	2
Junta de Obras del Puerto de Bilbao	1
Museo Nacional de Montevideo (Anales del)	4
Observatorio Meteorológico Central de México (Boletin Mensual del)	12
Revista de Obras Públicas (Madrid)	52
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	52
Revista Tecnica (Buenos-Aires)	24
Revista Tecnológico Industrial. Publicación Mensual de la Asociación de Ingenieros Industriales. Agrupación de Barcelona	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS PAR AN
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista de la) (México) .	6
Sociedad Cientifica Argentina (Anales de la) (Buenos-Aires)	12
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	12
EN HOLLANDAIS	
Ingenieur (De) (Orgaan van het Kon. Instituut van Ingenieurs. — Van de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs) (La Haye).	52
Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Tidjschrift van het) (Verhandelingen) (La Haye).	6
EN HONGROIS	
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Heti Értesitöje) (Budapest)	36
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). (Közlönye) (Budapest)	24
EN ITALIEN	
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali. Rendiconti. (Roma)	24
Accademia dei Lincei (Atti della Reale). Rendiconto dell' Adunanza Solenne (Roma)	1
Associazione Elettrotecnica Italiana (Atti della) (Roma).	6
Associazione fra gli Utenti di Caldaie a Vapore (Milano)	1
Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna (Bollettino del)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Milano (Atti del)	4
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino del)	24
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del).	2
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Palermo (Bollettino del).	12

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	NOMBRE DE NUMÉROS par an
Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti (Atti del) (Firenze)	2
Giornale del Genio Civile (Roma)	12
Industria (L') (Milano)	52
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino)	24
Istituto d'Incoroggiamento (Atti del Reale) (Napoli)	1
Monitore Tecnico (Il) (Milano)	36
Politecnico (Il) (Milano)	12
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	12
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Annuario	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma. Programmi d'Insegnamento .	1
Società degl'Ingegneri, Architetti ed Industriali in Napoli (Processa Verbale della Tornata)	24
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma) . . .	6
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bullettino della) (Roma) . .	52
EN NORVÉGIEN	
Teknisk Ugeblad (Kristiania)	52
EN POLONAIS	
Przeglad Techniczny (Warszawa)	52
EN PORTUGAIS	
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario publicado pelo)	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civis Portuguezes) (Lisboa)	6
Rivista Militar (Rio de Janeiro)	10

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS

EN RUSSE

Elektritchestvo (Saint-Pétersbourg)
Elektrotekhnitcheskii Viestnike (Saint-Pétersbourg)
Ghornyi Journale (Saint-Pétersbourg)
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya (Izviéstiya) (Saint-Pétersbourg)
Stroïteli (Saint-Pétersbourg)

EN SUÉDOIS

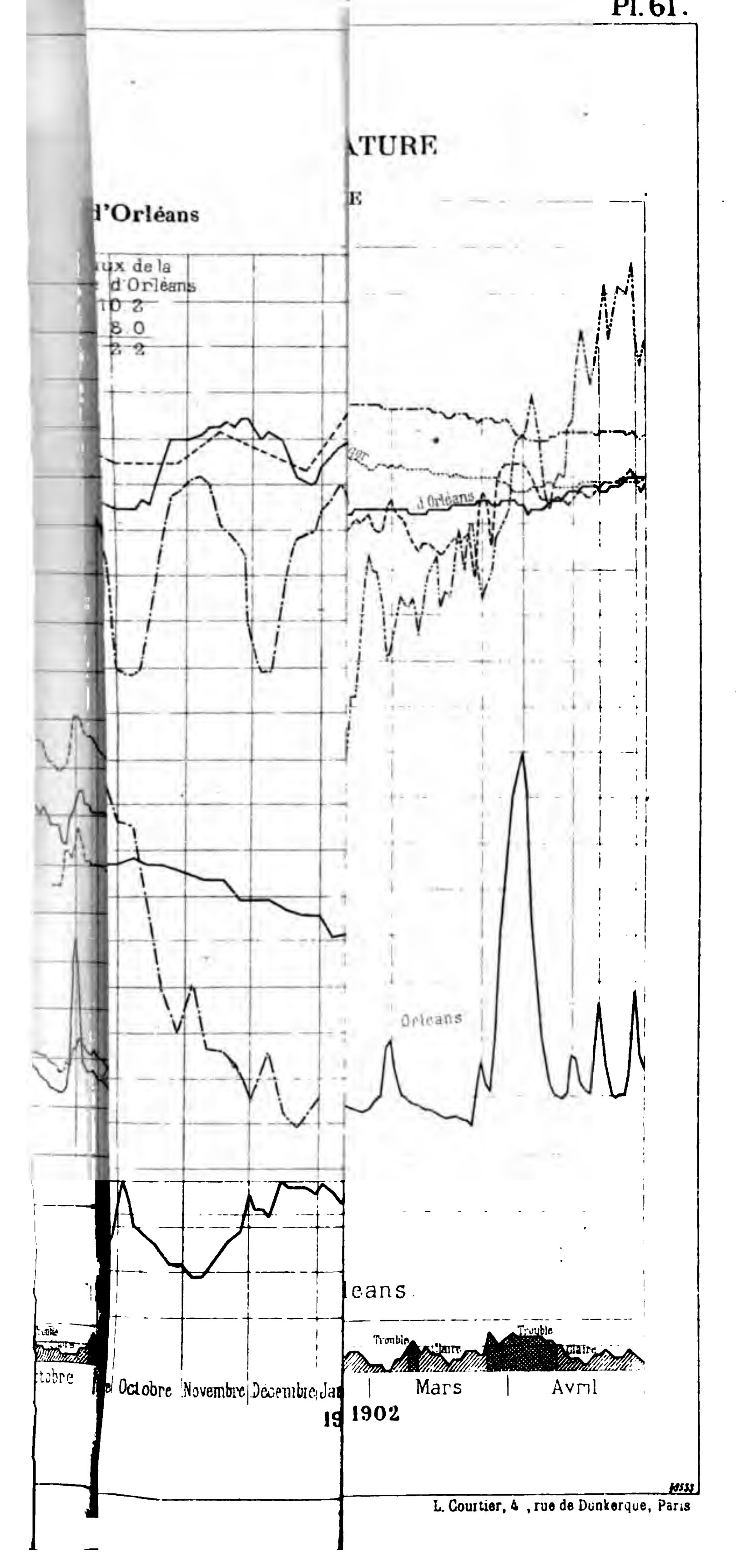
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)

EN TCHÈQUE

Spolku Architektův a Inženýrů v Království Českém (Zprávy) (Praze) (Architektonicky Obzor-Technicky Obzor)

Le Secrétaire Administratif, Gérant.
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 1700-1-04 — (Encre Lorilleux).



L. Courtier, 4 , rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1904

N° 2

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de février 1904, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Services de l'Hydraulique et des améliorations agricoles. Notice sur l'utilisation aux usages agricoles de l'énergie hydro-électrique (Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique et des améliorations agricoles. 1er Bureau) (in-4°, 240 × 190 de 8 p.). Paris, le 6 janvier 1904 (Don du Ministère de l'Agriculture). 43080

Utilisation des barrages pour la production de l'énergie électrique en vue des usages agricoles (Ministère de l'Agriculture. Direction de l'Hydraulique et des améliorations agricoles. 1er Bureau) *Circulaire n° 380* (in-4°, 240 × 190 de 5 p.). Paris, le 5 janvier 1904 (Don du Ministère de l'Agriculture). 43081

Chemins de fer et Tramways.

Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Téléphones et Marine. Compte rendu des opérations pendant l'année 1902 (Royaume de Belgique. Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes) (in-4°, 310 × 195 de A-138 p. B-24 p. C-32 p. D-11 p. XI-p. avec 1 carte). Bruxelles, J. Goemaere, 1902. 43073

Description du système électro-automatique de l'Ing. Attilio Beer pour éviter tous désastres de chemins de fer (in-8°, 235 × 165 de 15 p.). Venezia, Pilla, Vigano e Cª, 1903 (Don de M. Dimitri de Bosichi). 43115

MALLET (A.). — *Les dispositifs de changement de marche dans les machines à vapeur*, par M. A. Mallet (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France) (in-8°, 240 × 160 de 23 p.). Paris, 19 rue Blanche, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43111

Sistema elettro-automatico dell'Ing. Attilio Beer per evitare scontri ferroviarii (Estratto della « Revista delle Strade Ferrate e delle Tramvie ». Nº 1. Anno 1904) (in-8°, 230 × 165 de 15 p. avec 12 fig.). Milano, Società Editrice Tecnico-Scientifica, 1904 (Don de M. Dimitri de Bosichi). 43116

Construction des Machines.

2ᵉ Congrès international d'Automobilisme tenu en l'Hôtel de l'Automobile Club de France du 15 au 20 juin 1903. Tome I et Tome II. Édité par la Société d'Encouragement pour le développement de l'industrie automobile en France (Automobile Club de France. Société d'Encouragement pour le développement de l'industrie automobile en France) (2 vol. in-8°, 285 × 190 ensemble de 1 117 p.). Paris, Achille Pradier, 1903 (Don de M. le Baron de Zuylen de Nyevelt, M. de la S.). 43094 et 43095

DEHAÎTRE (F.). — *Applications générales de la force centrifuge. Série complète d'essoreuses centrifuges hydro-turbines-extracteurs en tous genres pour toutes les applications industrielles.* Fernand Dehaitre Constructeur, Paris, 6, rue d'Oran (XVIIIᵉ) (Album in-4°, 315 × 245 de 128 p.). Paris, Fernand Dehaitre (Don de l'auteur. M. de la S.). 43089

MARCHIS (L.). — *Les moteurs à essence pour automobiles. Leçons professées en 1903-1904 à la Faculté des sciences de l'Université de Bordeaux*, par L. Marchis (in-8°, 255 × 165 de XV-470 p. avec 231 fig.). Paris, Vᵛᵉ Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43109

WITZ (A.). — *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole*, par Aimé Witz. *4ᵉ édition refondue et entièrement remaniée. Tome II. Monographie des principaux moteurs à gaz et à pétrole. Moteurs à double effet. Moteurs Compound. Éléments de construction des moteurs. Installation, conduite et entretien. Applications.* (in-8°, 285 × 190, pages 505 à 1135 avec fig. 138 à 575). Paris, E. Bernard, 1904 (Don de l'éditeur). 43121

Économie politique et sociale.

Annuaire statistique de la Ville de Paris. XXIIᵉ année, 1901 (République française. Préfecture de la Seine. Service de la statistique municipale) (M. le Dʳ Jacques Bertillon, chef des travaux de la statistique) (in-8°, 260 × 175 de XXXII-944 p.). Paris, Masson et Cⁱᵉ, 1903 (Don de M. le Préfet de la Seine. Service de la statistique municipale). 43102

BLANCARNOUX (P.) et ADAM (P.). — *Du choix d'une carrière industrielle*, par Paul Blancarnoux. Préface de Paul Adam (in-8°, 225 × 140 de 377 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43110

Bulletin de la Société d'Économie politique (Suite des Annales) publié sous la direction du Secrétaire perpétuel. *Année 1903* (in-8°, 255 × 165 de 196 p.). Paris, Guillaumin et Cie. 43086

COUSINET. — *Habitations à bon marché. Catégorie des hôtels meublés. Hôtels créés à Paris*, par M. Cousinet (in-8°, 240 × 160 de 7 p.). Romainville, A. Bayard, Janvier 1904 (Don de l'auteur). 43092

Les opérations de Bourse à terme. Troisième édition (La Semaine financière, minière commerciale, industrielle et politique, 49e année) (in-8°, 210 × 135 de 32 p.). Étampes et Paris, Imprimerie la Semeuse, 1904 (Don de la Semaine financière). 43077

Tableau général du commerce et de la navigation. Année 1902. Deuxième volume. Navigation (Navigation internationale, Cabotage français et Effectif de la Marine marchande) (in-f°, 365 × 280 de 421-456 p.) (République française. Direction générale des Douanes). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de la Direction générale des Douanes). 43079

Électricité.

GUARINI (É.) et DUFOUR (H.). — *L'Électricité agricole*, par É. Guarini. Préface du Dr Henri Dufour (in-8°, 190 × 125 de VIII-162 p. avec fig.). Lausanne, Société Suisse d'Éditions, Paris, Fischbacher, 1904 (Don de M. Fischbacher). 43090

LAFFARGUE (J.). — *Manuel pratique du Monteur-Électricien. Le Mécanicien, Chauffeur, Électricien. Montage et Conduite des Installations électriques. Cours d'Électricité industrielle pratique fait à la Fédération générale professionnelle des chauffeurs mécaniciens de France et d'Algérie*, par J. Laffargue. *Septième édition* (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 51) (in-16, 180 × 140 de 1012 p. avec 688 fig.). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 43117

LARIVIÈRE (A.). — *Cycles magnétiques. Théorie des cycles moteurs*, par Alfred Larivière (in-8°, 215 × 135 de 48 p.). Paris, chez l'auteur, 39 rue Torcy, 1904 (Don de l'auteur). 43088

SWYNGEDAUW (R.). — *Phénomènes fondamentaux et principales applications du courant alternatif. Lois fondamentales du courant électrique. Généralités sur le courant alternatif. Alternateurs et moteurs. Transformateurs et convertisseurs*, par R. Swyngedauw (in-8°, 250 × 165 de XVI-183 p. avec 62 fig. et 3 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43093

Enseignement.

Université libre de Bruxelles. 69e année académique. Rapport sur l'année académique 1902-1903 (in-8°, 235 × 155 de 114 p.). Bruxelles, Bruyant-Christophe et Cie, 1904. 43087

Géologie et Sciences naturelles diverses.

Becker (D.). — *Lignes générales sur la géologie du Japon.* Publiées sous la direction du Service géologique Impérial du Japon. Département de l'Agriculture et du Commerce. Traduit de l'anglais, par D. Becker (Manuscrit 325 × 215 de 135 p.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 43100

Outlines of the Geology of Japan : Descriptive Text to accompany the Geological Map of the Empire on the Scale 1 : 1 000 000. Compiled by the Officials of the Imperial Geological Survey of Japan. Department of Agriculture and Commerce (in-8°, 240 × 160 de 122 p.). Tokyo, Published by the Geological Survey, 1900 (Don de M. D. Becker, M. de la S.). 43099

Législation.

Féolde (G.). — *La loi française sur les accidents du travail et son application dans la pratique. Conférence,* par M. G. Féolde (Société Belge des Ingénieurs et des Industriels) (in-8°, 240 × 160 de 29 p.). Bruxelles, A. Lesigne, 1903 (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 43098

Société des Agriculteurs de France. Liste générale des Membres et des Associations affiliées à la Société, par ordre alphabétique et par départements, arrêtée au 15 décembre 1903. (Bulletin de la Société des Agriculteurs de France, 35e année. Nouvelle série, 5 février 1904) (in-8°, 250 × 165, pages 145 à 470). Paris, Hôtel de la Société, 1904. 43101

Métallurgie et Mines.

Baclé. — *Rapport présenté par M. Baclé, au nom du Comité de Chimie, sur le laminoir Grey, pour la fabrication des poutres à larges ailes* (Extrait du Bulletin de Décembre 1903 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 270 × 225 de 12 p. avec 2 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43114

Beck (Dr R.) et Chemin (O.). — *Traité des gisements métallifères,* par le Dr Richard Beck. Traduit sur la seconde édition, par O. Chemin (in-8°. 250 × 160 de II-808 p. avec 257 fig.). Paris, Ch. Béranger, 1904 (Don de l'éditeur). 43096

Brough (B.-H.). — *Cantor Lectures on the Mining of non-metallic Minerals,* by Benett H. Brough. (Delivered before the Society of Arts on November 23, 38, and December 7, 14, 1903) (in-8°, 250 × 165 de 48 p. avec 15 fig.). London, Printed by William Trounce, 1904 (Don de l'auteur). 43108

Lenicque (H.). — *État actuel de la préparation mécanique des minerais,* par Henri Lenicque (in-8°, 255 × 165 de 72 p. avec 1 pl.). Paris, Vve Ch. Dunod (Don de l'auteur, M. de la S.). 43113

Table alphabétique et analytique des matières contenues dans la 9e série des Annales des Mines, publiée par la Commission des Annales des Mines sous l'autorisation du Ministère des Travaux publics. *Années 1892-1901* (in-8°, 225 × 140 de 502 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43105

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

M. G. Eiffel et le canal de Panama (Décembre 1903) (in-4°, 175 × 220 de 63 p.). Paris, L. Maretheux (Don de l'auteur, M. de la S.). 43075

Géo (G.). et Eiffel (G.). — *Aérodrome de la Tour Eiffel. Un avant projet présenté à la Commission d'aérostation scientifique de l'Aéro-Club*, par M. G. Eiffel (Article de M. Géo publié pages 272 à 274, format in-8°, 270 × 185 dans L'Aérophile. N° 12 de Décembre 1903). Paris, L'Aérophile, 84 Faubourg Saint-Honoré (Don de de M. G. Eiffel, M. de la S.). 43076

Index to the Transactions of the Institution of Naval Engineers. Volumes I to XXI. — Volumes XXII to XXVIII. — Volumes XXIX to XXXV. — Volumes XXXVI to XLII. (4 volumes in-4°, 280 × 215 de 177 p. 104 p. 112 p. et 92 p.). London W. C., Adelphi Terrace 5, Sold by Henry Sotheran and C°, 1881, 1887, 1895, 1901. 43082 à 43085

Jongh (G.-J. de). — *Le port de Rotterdam*, par G.-J. de Jongh (in-4°, 305 × 235 de 31 p. avec 1 pl.) (6ne édition). Rotterdam, Imprimerie Royale Corns. Imming und zoon, 1903 (Don de l'Association internationale permanente des Congrès de Navigation). 43103

Mémorial du Génie maritime. Troisième série. Fascicule V (Ministère de la Marine) (in-8°, 285 × 190 de 124 p. avec 15 pl.). Paris, R. Chapelot et Cie, Décembre 1903. 43091

Statistique de la navigation intérieure. Nomenclature et conditions de navigabilité des fleuves, rivières et canaux. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1902 (Ministère des Travaux publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation) (in-4°, 310 × 235 de 409 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère des Travaux publics). 43078

Routes.

Annuaire des Agents-Voyers 1904. Cinquante-neuvième édition. Personnel. (Annales des Chemins Vicinaux. 58e année. N° 11. Novembre 1903) (in-8°, 215 × 135 de 144 p.). Paris, Paul Dupont 1903. 43118

Sciences mathématiques.

Aragon (E.). — *Résistance des matériaux appliquée aux constructions. Méthodes pratiques pour le calcul et la statique graphique. Tome premier. Principes de statique graphique. Poutres droites et charpentes métalliques sur deux appuis. Passerelles et ponts métalliques. Réglementation*, par Ernest Aragon. (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 125 de VIII-662 p. avec 382 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de M. P. Jolibois, M. de la S.). 43106

Catani (R.). — *Condotture industriali a diametri variabili del Ing. Remo Catani* (Estratto del Periodico Il Politecnico. Anno 1903) (in-8°, 250 × 170 de 28 p. avec 3 fig.). Milano, Tipografia e litografia degli Ingegneri, 1903 (Don de l'auteur). 43120

Technologie générale.

Annuaire pour l'an 1904 publié par le Bureau des Longitudes, avec des Notices scientifiques (in-32, 150 × 90 de 732 p., A, 23 p., B, 53 p. et C, 41 p.). Paris, Gauthier-Villars. 43112

Association française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 32e session. Première partie. Documents officiels. Procès verbaux (in-8°, 245 × 155 de CXII-556 p. avec plan d'Angers). Paris, au Secrétariat de l'Association, 1903. 43074

Picard (A.). — *Rapport général administratif et technique*, par M. Alfred Picard. *Plans généraux* (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900) (4 plans pliés format 260 × 180). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43119

Société Belge des Ingénieurs et des Industriels. Rapport annuel. Exercice 1902-1903 (in-8°, 240 × 160 de 52 p.). Bruxelles, A. Lesigne, 1903. 43097

The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. LXIV. N° II, 1903 (in-8°, 220 × 140 de XIII-819 p. avec 32 pl.). London, E. and F. N. Spon, 1903. 43101

Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. LI. December 1903 (in-8°, 230 × 150 de V-474 p. avec 15 pl.). New-York, Published by the Society, 1903. 43107

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1904. sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

A.-L. Bérard, présenté par MM. Chardon, de Grièges, P. Vignes.
R.-E.-L. Charton, — Couriot, de Grièges, P. Vignes.
H. Coutrot, — Colomer, Jacoupy, Tixier.
H. de la Coux, — Couriot, Dumont, Le Blanc.
L.-F. Dobler, — Beau, Brousse, Charpentier.
M. Dumas, — Cornuault, Laurain, Rouget.
G.-H. Gin, — de Blottefière, Coueffin, L'Hermite.
Ch.-M.-E. Gollier, — Couriot, Fougère, G. Petit.
C.-H. Joinard, — Chaudy, Gibus, Labussière.
A.-L. Liouville, — Couriot, Hillairet, Huguet.
R.-E. Mathot, — G. Richard, Fock, Garnier.
L.-P.-E. Mesnil, — Cornuault, Lacaze, Laurain.
A.-G. Pagès, — David, Machavoine, Robequain.
A. H. Puibaraud, — Boudenoot, Hillairet, Pontzen.
J. Richard, — Barbier, Cornesse, Parisse.

Comme Membres Sociétaires Assistants, MM. :

A. de Biedermann, présenté par MM. G. du Bousquet, Level, G. Vitali.
B. Poron, — Huguenot, Joanneton, Portal.

Comme Membres Associés, MM. :

L.-F. Bellot, présenté par MM. Beliard, L. Bellot, Montupet.
A. Metz, — Couriot, Canet, Loreau.
C.-L. Thuau, — Duchesne, Fayollet, de Dax.

RÉSUMÉ
DES
PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES
DU MOIS DE FÉVRIER 1904

PROCÈS-VERBAL
DE LA
SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1904

PRÉSIDENCE DE M. H. COURIOT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès de :

M. Zschokke, Hans, ancien Élève de l'École Polytechnique de Zurich, Membre de la Société depuis 1894, Entrepreneur de travaux publics;

M. Sadoine, Eugène (Baron), ancien Élève de l'École militaire de Bruxelles et de l'École du Génie maritime de France, Membre de la Société depuis 1878, Commandeur de la Légion d'honneur, ancien Administrateur et Directeur général de la Société John Cockerill;

M. Stein, Emile, ancien élève de l'École Polytechnique de Bruxelles, Membre de la Société depuis 1882, ancien Directeur de l'usine à gaz de Bruxelles, Ingénieur en chef des Établissements V[ve] de Naeyer et C[ie], à Villebroeck, Chevalier de la la Légion d'honneur.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par ces deuils, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Officier d'Instruction publique : M. Harant, Louis;

Grand Officier de l'ordre du Medjidieh : M. R. Viterbo;

Commandeur du Nicham Iftikar : M. Ch. Michel;

M. Léon Francq a été nommé Membre du Conseil supérieur de l'Enseignement technique, par décision du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes;

MM. J.-M. Bel, E. Bricq, H. Dufresne, J. Diligeon, J.-M. Ganne, A. Hallam de Nittis, I. Levy, P. Marchasson, F. Schiff ont été nommés Conseillers du Commerce extérieur de la France.

M. le Président adresse à ces Collègues les bien vives félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer à la Société que Mme Monchot, veuve d'un de nos Collègues, nous a fait abandon du montant de quatre coupons d'obligations au porteur dont M. Monchot était propriétaire.

M. le Président est heureux d'adresser à Mme Monchot les vifs remerciements de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; cette liste sera insérée dans un des plus prochains bulletins.

Il signale plus particulièrement une publication, toute d'actualité, intitulée *le Radium*, fondée par notre Collègue, M. Farjas, qui accompagne cette remise d'une lettre déposée au Secrétariat.

M. L. GEORGEOT a la parole pour sa communication sur les : *Perfectionnements dans la fabrication des tôles galvanisées. — Abaissement des prix de revient. — Étude et critique des procédés usités.*

M. GEORGEOT rappelle que la fabrication des tôles galvanisées est restée jusqu'à ce jour dans le domaine de l'atelier, et qu'aucune tentative n'a été faite pour améliorer cette fabrication, qui cependant est de première importance. L'opération consiste, comme on le sait, à faire passer une tôle décapée à travers une couche de sel ammoniac, maintenu à l'état de fusion ignée sur du zinc fondu, puis à travers le zinc, et enfin à faire sortir la tôle entre deux cylindres à moitié immergés dans ce zinc et animés d'un mouvement de rotation uniforme. La vitesse angulaire de ces cylindres, dont le diamètre est de 0,20 m, étant de 0,942 m, la vitesse tangentielle sera de 0,094 m, soit une longueur développée en 10 heures de travail de 3 390 m. Or, si l'on considère une feuille de 1 m $\times$ 2 m, passée dans sa plus grande dimension, théoriquement l'on doit produire $\frac{3\,390}{2} = 1\,695$ feuilles; les tableaux de production ne correspondent pas du tout à ce chiffre, et donnent une moyenne de 421 feuilles par jour. Or, le rapport $\frac{3390 \text{ m}}{421}$ donne 8 m pour une feuille, soit 8 m — 2 m = 6 m d'inutilisés pour produire une feuille. Il y a donc un certain nombre de tours des cylindres de perdu — d'où perte de temps, de main-d'œuvre et de matières premières. C'est un défaut grave, et il y a là une lacune à combler. M. Georgeot, s'appuyant sur le principe d'économie politique de M. Levasseur, préconise l'émploi d'une machine à grosse production qui permettrait d'utiliser bien plus complètement la rotation uniforme des cylindres, sans pour cela augmenter leur vitesse angulaire. On comblerait ainsi la lacune signalée plus haut. Il découle donc que l'emploi d'une machine à grosse production permettrait l'abaissement du prix de revient de ce produit métallurgique.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Georgeot de son intéressante communication.

M. L. GUILLET a la parole pour sa communication sur *la Cémentation des aciers au carbone et des aciers spéciaux.*

M. L. GUILLET montre tout d'abord l'importance de l'opération de la

cémentation, qui relève de la grande et de la petite industrie; il détermine ensuite le but qu'il s'est proposé d'atteindre, et qui est d'étudier, par des moyens réellement scientifiques, l'opération de la cémentation, et de déduire, des résultats théoriques trouvés, des règles simples et pratiques.

M. Guillet fait ressortir l'analogie qui existe entre les phénomènes de dissolution et de cémentation, il montre que quatre facteurs vont intervenir : le dissolvant (fer ou acier), la matière à dissoudre (le carbone, qui peut se présenter sous des formes très différentes), le temps de cémentation et la température.

Mais il faut avant tout, pour qu'il y ait cémentation, que le fer soit à l'état γ, seul état ou il puisse dissoudre le carbone. On est ainsi conduit à se demander s'il y des aciers qui, suivant la légende très répandue dans les ateliers, ne prennent pas la cémentation. Certes, il en existe, mais ce sont tous des aciers spéciaux. *Tous les fers, tous les aciers au carbone prennent la cémentation.*

M. Guillet décrit ensuite les nombreuses expériences qu'il a faites en vue de déterminer l'influence des différents facteurs déjà énumérés. Il montre tout d'abord comment on peut définir le résultat d'une cémentation par l'épaisseur de la couche cémentée et la teneur superficielle en carbone, et comment on peut mesurer ces deux quantités. Ils projette à ce sujet de nombreuses micrographies, lesquelles font notamment ressortir la forme aciculaire de la cémentite.

Le rôle du cément est l'objet d'une étude toute spéciale : des expériences très précises ont montré que le carbone, par lui-même, ne cémente pas, que l'oxyde de carbone cémente très lentement, que tout produit contenant (ou susceptible de produire avec l'azote de l'air contenu dans la boite) un cyanure agit d'autant plus rapidement que le cyanure est plus volatil. que les hydrocarbures agissent par décomposition (cémentation par le gaz d'éclairage et les vapeurs de pétrole).

M. Guillet. après avoir montré l'influence néfaste du recuit que subit l'âme de la pièce pendant la cémentation, sur sa résistance au choc, est conduit à adopter la règle suivante :

1° Cémenter des aciers contenant de 0,100 à 0,150 0/0 de carbone et moins de 0,300 de manganèse; ne jamais dépasser une teneur de 0,200 0/0 de carbone;

2° Cémenter à la température de 850 degrés. Maintenir cette température constante et *la mesurer;*

3° Employer un cément chimiquement défini et non brusque;

4° Utiliser, autant que possible, des boites individuelles, de façon à éviter des pièces plus cémentées les unes que les autres;

5° Séparer complètement l'opération de la cémentation de celle de la trempe. Tremper à 800 degrés.

Dans la seconde partie, il est donné une rapide description de l'atelier que MM. De Dion-Bouton ont fait construire dernièrement; la mesure des températures est l'objet d'une étude spéciale; à ce sujet, quelques expériences sont faites avec la lunette pyrométrique et le télescope de M. Ch. Féry; ce dernier appareil, dont le premier modèle a été construit en vue de cette communication, permet de mesurer, avec une très

grande sensibilité, des températures de 500 à 1 000 degrés ; la lunette va de 900 à 2 000 degrés.

Dans la troisième partie de sa communication, M. Guillet étudie la cémentation des aciers spéciaux. Il montre tout d'abord les gros avantages que présentent les aciers de cémentation à 2 0/0 de nickel. Il étudie ensuite l'influence des différents éléments et il conclut que certains (Mn, Cr, Tu, Va) avancent la cémentation (ce sont ceux qui peuvent exister à l'état de carbure double) et que d'autres la retardent (Ni, Si, Al, Ti, Sn); ce sont ceux qui existent à l'état de solution dans le fer.

Examinant ensuite la cémentation des aciers au nickel, M. Guillet montre qu'en cémentant certains de ces aciers on obtient, par simple cémentation, les mêmes effets qu'en cémentant-trempant les aciers au carbone. Ce procédé — qui est en tous pays la propriété de la maison de Dion-Bouton — a une grande importance industrielle.

Ce procédé ne peut s'appliquer aux aciers au manganèse et au chrome qui présentent, lorsqu'ils sont à haute teneur en carbone, de la troostite en même temps que de la martensite.

Quant aux aciers au silicium, ils méritent une étude spéciale. M. Guillet insiste sur leur constitution que l'on peut résumer en disant qu'ils sont à carbone combiné (perlite). ou à carbone précipité (graphite). De plus, le recuit suffisamment prolongé et fait à température assez élevée transforme le carbone combiné en graphite. En cémentant des aciers au silicium perlitiques, on peut produire du graphite. Quant aux aciers dont tout le carbone est à l'état de graphite, *ils ne prennent pas la cémentation*.

Enfin, l'auteur montre l'intérêt théorique que présente la cémentation des aciers à fer γ. Ces aciers se cémentent même à la température ordinaire, comme le prouvent des échantillons dans lesquels le carbone est constamment en mouvement.

En terminant, M. Guillet, après avoir résumé toutes ses recherches, conclut à l'importance de l'emploi industriel de la méthode scientifique qui, « si elle ne simplifie pas toujours les opérations, du moins les légifère d'une façon absolue ».

M. le Président remercie M. Guillet de sa très intéressante communication et le félicite tant de la clarté avec laquelle il l'a présentée que de l'esprit méthodique avec lequel il a procédé aux expériences qu'il vient de présenter. M. Guillet a porté sur le terrain industriel les procédés de recherches scientifiques adoptées dans les laboratoires ; il y avait quatre inconnues principales dans le problème qu'il s'était posé : le temps, la température, le cément et le solvant ; faisant varier successivement chacune d'elles en conservant les autres constantes, il a pu ainsi dégager tour à tour l'influence des inconnues du problème à résoudre.

M. le Président remercie aussi M. Féry qui a bien voulu mettre à la disposition du conférencier le premier appareil qu'il vient de réaliser et destiné à mesurer les hautes températures par la vision à distance. Il félicite également la maison de Dion-Bouton qui a mis M. Guillet à même d'arriver à opérer les recherches dont il apporte aujourd'hui les résultats.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H. Coutrot, L.-F. Dobler. C.-H. Joinard, R.-E. Mathot, J. Richard, comme Membres Sociétaires Titulaires;

De M. A. de Biedermann, comme Sociétaire Assistant, et

De MM. L.-F. Bellot, A. Metz et C.-L. Thuau comme Membres Associés.

MM. A.-L. Bérard, E.-L.-René Charton, H. de la Coux, M. Dumas, G.-H. Gin, Ch.-M.-E. Gollier, L.-A. Liouville, L.-P.-E. Mesnil, A.-G. Pagès et A.-H. Puibaraud sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et

M. B. Poron, comme Sociétaire Assistant.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Le Secrétaire Technique de service,
F. Taupiat-de Saint Simeux.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 FÉVRIER 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de :

M. Adour, Louis, Ancien Élève de l'École centrale (1882), Membre de la Société depuis 1890, Administrateur de la Société des ponts et travaux en fer;

M. Colle, Simon, Membre de la Société depuis 1875, Chevalier de la Légion d'honneur, a été chargé de l'entretien et des installations aux Fonderies et Ateliers de Fourchambault, Entrepreneur de chemins de fer;

M. Villard, Théodore, Membre de la Société depuis 1875, Officier de la Légion d'honneur, Membre du Conseil supérieur de l'Agriculture, Président honoraire de la Chambre consultative des Associations ouvrières de production en France;

M. Arson, Alexandre, Ingénieur Chef du Service des Usines de la Compagnie Parisienne du Gaz en retraite, Chevalier de la Légion d'honneur. M. Arson était Membre fondateur de la Société des Ingénieurs civils depuis 1848 et fut successivement Membre du Comité de 1860 à 1865, Vice-Président en 1876 et 1877, Membre du Comité en 1878 et 1880.

La Société lui a décerné, en 1867, son Prix Annuel, Médaille d'Or, pour son Mémoire sur l'*Écoulement des gaz dans les conduites*, travail des plus connus et qui fait autorité en la matière.

Il y a lieu de rappeler également qu'à sa sortie de l'École centrale, M. Arson inventa la Suspension à pivot supérieur pour les turbines.

Cette invention, appliquée universellement depuis, fut, à son origine, exploitée par MM. Teisset et Brault, auxquels M. Arson l'avait cédée.

M. Arson avait également fait paraître dans nos Bulletins de nombreux Mémoires ou Notes.

M. E. Cornuault, Président de la Section de Physique et de Chimie industrielles a, au nom de la Société, prononcé à ses obsèques un discours qui sera reproduit au Bulletin.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par les deuils qui les frappent, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer les décorations suivantes :

Officier de l'Instruction publique : M. C. Chômienne;

Officier d'Académie : M. H. Leconte;

Commandeur du Nicham Iftikar : M. J.-B. Hersent;

Officier de l'Ordre du Dragon d'Annam : M. F. Schiff;

Chevalier de l'Ordre du Cambodge : M. Ch. Gollier.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance.

Cette liste sera insérée dans un des plus prochains Bulletins.

La Direction du Technolexique, dont il a été déjà question à plusieurs reprises dans les séances de l'année dernière et d'il y a deux ans, nous informe que les travaux préparatoires de ce Dictionnaire Technique tirent à leur fin ; les collaborateurs à ces travaux sont priés de bien vouloir envoyer, pour le 15 avril au plus tard, les documents qu'ils ont encore à fournir à la rédaction du Technolexique.

Cette dernière a déjà reçu plus de 1 920 000 fiches.

Une Exposition Internationale doit s'ouvrir à Saint-Étienne le 15 avril prochain, pour se terminer en septembre. Elle comprendra tous les produits du Commerce, de l'Industrie, de l'Agriculture, des Sciences et des Arts.

Pour tous renseignements s'adresser, sans délai, à M. le Directeur Général de l'Exposition à Saint-Étienne.

Un concours est ouvert par la ville d'Angers pour établir un projet de construction d'un abattoir. Les projets complets devront être déposés à la mairie d'Angers le 31 mai 1904 au plus tard. Les plans et cahiers des charges peuvent être consultés à la bibliothèque de la Société.

M. E. Balliman a la parole pour sa communication sur un *Arrêté du Conseil d'État relatif à l'évaluation de la valeur locative d'un immeuble industriel, en vue de l'établissement de la patente.*

M. E. Balliman commence par un résumé historique de la législation des patentes. Il rappelle que l'institution de cet impôt remonte à la Révolution. La loi du 2 mars 1791 a supprimé les privilèges des maîtrises et institué la liberté du commerce, sous la seule condition de se munir d'une *patente*, qui apparait au début comme une licence délivrée par le Gouvernement à toute personne voulant faire du commerce.

Puis, ce caractère disparaît rapidement, et la patente n'est plus considérée que comme un impôt, dont les caractères sont les suivants : elle comporte deux droits : un droit fixe, égal pour toutes les industries semblables dans une même localité, mais variable avec la population, et un droit proportionnel, variant suivant l'importance de chaque établissement. Puis, il étudie l'assiette de ce droit proportionnel qui, aux termes de la loi organique des patentes du 17 juillet 1880 (art. 12); est « la valeur locative des établissements industriels, pris dans leur ensemble et munis de tous leurs moyens matériels de production ». Expliquant ensuite les intentions du législateur, il expose que trois éléments doivent entrer en ligne de compte :

1° La cage (les bâtiments);

2° L'outillage;

3° La force motrice.

La détermination de la valeur locative des deux premiers éléments est facile, mais il n'en est pas de même de celle du troisième. Il rappelle que la pratique actuelle suivie par l'Administration consiste à évaluer la valeur des machines génératrices à l'état de repos, c'est-à-dire sans tenir compte de la valeur des animaux actionnant le manège. ou du combustible consommé par la machine à vapeur, et à tenir compte de la valeur de la force active seulement quand l'industriel utilise directement une chute ou un cours d'eau.

Il examine la base juridique de cette pratique et conclut qu'en définitive la force motrice qui a une valeur intrinsèque n'est pas frappée; car les générateurs considérés ne sont en réalité que des éléments de l'outillage industriel.

Puis M. Balliman fait connaître à la suite de quelles circonstances le Conseil d'État a été amené à se prononcer : une Société industrielle avait conclu avec une autre Société productrice de force motrice un contrat aux termes duquel on devait lui fournir une force de 3 000 ch, moyennant la somme de 35 000 f par an, pour chacune des premières unités de 1 000 ch et de 4,187 f l'heure pour la troisième; à la suite de certaines circonstances de fait qu'il rappelle, la Société locataire avait vu sa patente augmentée, et l'Administration avait été amenée à soutenir que la force motrice avait une valeur intrinsèque propre, qui devait entrer en ligne de compte pour l'établissement du droit proportionnel. Il est à remarquer qu'en l'espèce l'Administration soutenait une théorie absolument contraire à sa pratique habituelle, mais cette théorie est parfaitement juridique et fondée. Dans son arrêt du 20 juillet 1903 (affaire n° 10626), le Conseil d'État a adopté la théorie de l'Administration, et a posé en principe que la force motrice a une valeur propre et intrinsèque absolument distincte de celle du générateur qui la produit; et que cette valeur doit être considérée pour l'établissement du droit proportionnel.

M. E. Balliman examine les conséquences pratiques de cette théorie. Dans l'espèce actuelle, une industrie peu importante a vu sa patente annuelle augmentée de 2 800 f, en la supposant soumise au droit de 1/40e non compris les centimes additionnels. Si cette théorie passe en pratique, et si toute la force motrice industrielle est frappée, la pro-

ductivité de l'impôt de patente peut être augmentée de 150 millions par an, et c'est un fardeau qui pèserait exclusivement sur la grande industrie.

M. Balliman conclut en disant que l'arrêté du Conseil d'État est un véritable coup de surprise, qui bouleverse absolument la pratique actuelle.

Il pense que l'importance de cet arrêté a échappé à l'Administration : néanmoins il y a là un grand danger pour l'industrie car, l'Administration est armée et que sans modifier en rien la législation actuelle en suivant l'interprétation de l'article 12 de la loi du 15 juillet 1880 donnée par le Conseil d'Etat, elle peut, si elle le veut, accroître l'impôt des patentes de 150 millions par an.

M. Balliman termine par quelques mots sur la loi des patentes actuellement en discussion devant les Chambres; il remarque que le projet de loi laisse intact l'article 12 de la loi du 15 janvier 1880 et par conséquent n'aurait aucune influence sur l'espèce actuelle, que d'ailleurs l'économie de cette loi étant de dégrever la petite industrie pour charger la grande est éminemment favorable à la théorie de l'arrêté du Conseil d'État.

M. A. Gouault estime que la valeur locative d'un établissement industriel doit être considérée en bloc et non décomposée en trois éléments : cage, outillage et force motrice; pour lui, l'expert doit se rapprocher de ce point caractéristique : quelle serait la valeur que l'on obtiendrait si l'on mettait l'usine en location? Telle est la pratique qu'il a toujours appliquée ; il reconnaît cependant que l'industrie utilisant une force hydraulique serait alors privilégiée et croit que dans ce cas la valeur locative d'une telle industrie pourrait être augmentée de l'économie résultant pour cette industrie de l'emploi d'une force hydraulique au lieu de houille ; il ne peut adopter la théorie du Conseil d'Etat.

M. Balliman réplique que son collègue peut avoir raison, mais que le Conseil d'Etat est le juge suprême en la matière et que, en admettant même que sa théorie soit critiquable, sa jurisprudence est actuellement certaine. Il maintient que l'Administration trouverait en cette jurisprudence un appui certain si elle appliquait la théorie indiquée. M. Balliman pense que de toutes façons l'industriel qui utilise la houille blanche sera beaucoup plus imposé que celui qui se sert de machine à vapeur, puisqu'il ressort des explications données par M. le ministre des Finances à la séance de la Chambre du 23 décembre 1903 qu'un tel industriel sera frappé deux fois : une fois comme producteur de force motrice, une autre fois en raison de son industrie propre.

M. A. Gouault fait observer que le contrôleur des contributions directes chargé d'établir la *valeur locative* qui sert à l'impôt du *droit proportionnel* d'une usine munie de tous ses moyens de production, comme l'expert chargé d'en opérer la vérification, doivent se poser ainsi la question : Quel serait le loyer que l'on en obtiendrait d'un locataire sérieux, si l'on mettait l'usine en location? Tel est l'esprit de la loi comme l'ont toujours compris le Conseil d'État et l'Administration elle-même.

« La valeur locative qui doit servir de base au droit proportionnel (est-il écrit à l'article 53 de l'Instruction de 1881 fournie aux agents par la Direction générale pour l'application de la loi du 15 juillet 1880) est la valeur locative courante, celle qui représente le prix de location au moment de l'estimation » qui sert à la confection du rôle de la contribution des Patentes.

Dans cet ordre d'idées, M. A. Gouault fait remarquer qu'une usine qui se trouve placée dans le voisinage d'une force hydraulique a évidemment plus de valeur que si elle était placée dans une autre situation; c'est la différence existant entre le prix de la houille noire et celui de la houille blanche qui servira de point de départ au Conseil d'État.

M. le Président, par un exemple, montre qu'on peut avoir des mécomptes, des surprises dans les frais de premier établissement d'une usine employant de la houille blanche et que ce qui peut paraitre un don gratuit de la nature conduira quelquefois à des dépenses supérieures aux dépenses de la houille noire.

Ce qu'il faut chercher, c'est de ne pas aggraver la situation de l'industrie en France. Un régime qui viendrait imposer des charges nouvelles, se chiffrant par des centaines de millions, mettrait l'industrie, déjà bien éprouvée, dans l'impossibilité de lutter contre la concurrence étrangère. Il est à espérer que les pouvoirs législatifs le comprendront afin de ne pas tarir les sources de notre richesse nationale.

M. le Président remercie très vivement M. Balliman et M. Gouault de leurs communication et observations.

M. K. Sosnowski a la parole pour sa communication sur une *Pompe centrifuge à haute pression.*

M. K. Sosnowski dit que pendant très longtemps on a cru que les pompes centrifuges ne se prêtaient qu'à de faibles hauteurs d'élévation (15 à 30 m sans être conjuguées) et qu'elles n'avaient aucune souplesse au point de vue du débit.

Les recherches de ces dernières années ont démontré combien peu étaient fondées ces opinions. Les pompes centrifuges sont aussi bien susceptibles de produire de très fortes pressions avec un bon rendement mécanique, que de permettre également d'une grande élasticité.

Ces grandes pressions s'obtiennent par les grandes vitesses.

Ce sont les turbines à vapeur et plus particulièrement les turbines de Laval qui fournissent les vitesses les plus élevées.

Il est par conséquent tout indiqué, pour les grandes élévations, d'accoupler la pompe directement à l'arbre de la turbine motrice sans aucun intermédiaire ni réducteur de vitesse.

Toutefois, étant donné ce nombre de tours très élevé, la roue de la pompe se trouve réduite à de très petites dimensions, ce qui entraine forcément aussi la réduction de la section d'aspiration et ne permettrait que de très faibles débits.

Aussi, pour pouvoir élever de grandes quantités d'eau, on adjoint à la pompe principale une pompe auxiliaire montée sur l'arbre secon-

daire de la turbine et tournant à une vitesse beaucoup moindre. Cette pompe auxiliaire peut avoir des dimensions convenables pour aspirer la quantité d'eau voulue et la fournir sous faible pression à la pompe à grande vitesse.

L'appareil présenté en séance est une turbine-pompe de ce nouveau modèle.

Le moteur est une turbine de Laval d'une cinquantaine de chevaux à 20 000 tours par minute. Sur l'arbre de cette turbine se trouve montée la pompe centrifuge à haute pression pouvant élever en un seul jet 1 000 l par minute à 150 m, à la vitesse de 20 000 tours par minute.

Avec des formes et dimensions appropriées et avec les très grandes vitesses qu'on réalise avec les turbines de Laval, on peut obtenir pour une seule roue de pompe des hauteurs d'élévation de 300 m et au-dessus.

M. Sosnowski donne la description de l'installation aux mines de Lens d'une turbine-pompe de ce type servant de pompe d'épuisement.

Cette pompe, installée au fond de la mine, élève 120 m^3 d'eau à l'heure à 260 m.

Il donne ensuite quelques détails sur le rendement, les avantages et les différentes applications de cette pompe comme pompe d'alimentation des chaudières, etc.

M. le Président demande s'il y a longtemps que cette pompe fonctionne et si, à grande vitesse, avec les sables et les matières entraînées, elle ne produit pas d'érosions.

M. K. Sosnowski indique que les crépines sont placées à l'aspiration et entre les deux pompes à basse et à haute pression. Une de ces pompes, installée dans une usine de produits chimiques, en Suède, marche depuis deux ans, presque jour et nuit, et ses frais d'entretien se sont élevés pour ainsi dire à zéro jusqu'à présent; elle ne subit pas d'usure sensible et, en tout cas, le remplacement des organes serait peu coûteux.

Dans les conduites, la vitesse de l'eau est normale; dans la pompe, elle est naturellement considérable.

M. Sosnowski termine en rendant hommage à M. Reumaux, Directeur des mines de Lens, qui cherche toujours le progrès et n'hésite pas à l'appliquer.

M. le Président remercie M. Sosnowski d'avoir présenté ce très intéressant appareil qui, par sa simplicité et son faible encombrement donne l'avantage de chambres souterraines de petites dimensions et répond bien de la sorte aux besoins des mines.

M. R. Bérard a la parole pour sa Communication sur *les Électro-aimants industriels à longue course et à efforts variables.*

M. R. Bérard divise son exposé en quatre parties.

Dans la première, il rappelle brièvement le principe fondamental d'électro-magnétisme d'où procèdent uniformément les différents types d'électro-aimants industriels; il montre la tendance de tout circuit ma-

gnétique à se compléter par le déplacement d'une partie mobile, et indique que les efforts d'attraction, résultats de cette propriété, sont d'autant plus prononcés et d'autant plus étendus, que les variations de perméabilité de la portion active du noyau sont plus ou moins brusques et se trouvent réparties sur une longueur plus ou moins grande.

La construction des électro-aimants industriels comprend trois parties essentielles : la carcasse magnétique, généralement fermée, qui permet de classer ces appareils parmi les moteurs électriques entièrement cuirassés ; l'armature en métal magnétique, mais dont une partie présente une perméabilité variable qui est la base du réglage de l'appareil ; enfin la bobine qui reçoit le courant d'excitation et permet ainsi la transformation de l'énergie au moment voulu. Après avoir indiqué les variations de puissance correspondant aux variations de l'intensité du courant, M. Bérard montre que les électro-aimants industriels se comportent comme le ferait le piston d'une machine à simple effet, travaillant toujours dans la même direction, incapable par lui-même de produire un mouvement alternatif, facile à réaliser cependant, soit par la combinaison de deux appareils conjugués, soit par l'association d'un électro-aimant avec un réservoir d'énergie.

La seconde partie est consacrée aux applications, déjà réalisées dans certaines Compagnies de chemins de fer, pour les manœuvres à distance des aiguilles et des signaux. Une première disposition consiste à commander directement l'aiguille par un levier placé dans un poste central, et enclanché avec les leviers des organes voisins. Du poste central, le courant est envoyé dans un groupe de deux électro-aimants conjugués agissant alternativement sur le mécanisme à déplacer, et dont le circuit est coupé automatiquement au moyen d'un interrupteur local, chaque fois que l'armature arrive à bout de course.

En ce qui concerne les signaux, l'obligation d'assurer le retour spontané du sémaphore à la position de voie fermée en cas d'absence momentée du courant excitateur, a conduit à former deux groupes d'appareils, suivant qu'ils sont visibles ou non du poste central. Quand ils sont hors de vue, un contrepoids, maintenu levé par la permanence du courant électrique, ramène l'appareil dans la position inverse dès que le courant vient à manquer. L'inconvénient de cette disposition résulte de la plus grande consommation d'électricité.

Dans la troisième partie il est question des freins de tramways et de chemins de fer électriques. Là encore on se trouve en présence de deux catégories distinctes : le freinage direct, lorsque le courant excitateur, quelle que soit sa provenance, est utilisé au moment même de l'arrêt ; et le freinage indirect, qui utilise le courant électrique au moment de la mise en marche pour bander un ressort ou refouler une certaine quantité d'air comprimé. Les applications du premier système sont plus simples et elles ont la consécration d'une pratique de plusieurs années.

M. Bérard termine sa communication par l'énumération de quelques autres applications industrielles, parmi lesquelles il y a lieu de retenir principalement l'adaptation aux marteaux pilons, et aux perforatrices dont l'établissement a soulevé de nombreuses difficultés, heureusement surmontées aujourd'hui après trois années de persévérants efforts.

. . .

M. le Président demande quel est le rendement auquel on arrive avec les perforatrices électriques, l'emploi de l'air comprimé donnant des résultats satisfaisants mais avec 25 0/0 de rendement seulement.

M. R. Bérard répond que les rendements seront de 40 à 50 0/0. Ils varieront suivant les dispositions, la distance de la source principale à la perforatrice. D'après des essais faits à l'atelier, la consécration d'une pratique prolongée faisant défaut, les constructeurs pourront garantir 30 0/0.

M. le Président demande si l'interrupteur donne toujours des étincelles comme celles qui ont été vues au cours des expériences qui viennent d'être effectuées. Cela prohiberait l'emploi de ces appareils dans les mines à grisou.

M. R. Bérard considère que, du fait d'étincelles quelquefois plus considérables encore, l'emploi actuel est restreint aux carrières et aux mines métalliques, et ne s'applique pas, pour le moment, aux mines de charbon. Pour cette dernière application, il faudrait mettre l'interrupteur soit en dehors de la mine, soit dans une enveloppe complètement close où le grisou ne pourrait pas l'atteindre. Ce dernier type est à l'étude.

M. le Président craint que le rendement ne soit très bas par suite des pertes par histérésis et par les courants de Foucault et de l'échauffement qui doit en résulter.

M. R. Bérard dit que le rendement est réduit dans la perforatrice, mais les appareils moteurs peuvent donner un rendement de 75 0/0.

Les électro-aimants industriels sont en effet de véritables moteurs électriques à mouvement rectiligne qui arrivent à 75 et 80 0/0 de rendement.

M. A. Guénée annonce que, maintenant, l'interrupteur fonctionne en plein liquide; toutes les étincelles peuvent se produire sans être atteintes par le grisou et, comme rendement absolu, rendement global, on peut compter sur 50 0/0.

M. le Président demande si des essais comparatifs ont été faits sur une roche telle que le grès houiller et si on a mesuré l'avancement obtenu.

M. A. Guénée répond qu'au début on arrive à un avancement de 5 cm par minute. Dans les trous profonds, on obtient 1 cm. Des essais ont été faits avec une machine qui battait très lentement. 250 coups à la minute; maintenant on dépasse 400 pour arriver bientôt à 500.

M. le Président remercie M. Bérard de l'intéressante communication qu'il a présentée et des applications fort curieuses qu'il a exposées.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H.-P.-M. Brunet, A.-A. Collombier, E.-L. Lapersonne, Ch. Moreau, A.-A. Morel, J.-A. Rey, Ch. F. M. L. Rith, E.-A. Roux,

G. E. Sautter, A.-A.-J. Sigros, P. J. Vandenbosch, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. H. Coutrot, L.-F. Dobler, C.-H. Joinard, R.-E. Mathot, J. Richard, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

M. A. de Biedermann est admis comme Membre Sociétaire Assistant.

MM. L.-F. Bellot, A. Metz, C.-L. Thuau sont admis comme Associés.

La Séance est levée à onze heures.

Le Secrétaire technique de service,
F. TAUPIAT-DE SAINT SIMEUX.

LA CÉMENTATION

DES ACIERS AU CARBONE & DES ACIERS SPÉCIAUX [1]

PAR

M. Léon GUILLET

GÉNÉRALITÉS

Dans la communication que j'ai eu l'honneur de faire au mois de juillet dernier, j'ai cherché à montrer comment la métallographie microscopique pouvait être utilisée comme méthode d'essais et quels renseignements particulièrement précieux elle fournit sur les aciers spéciaux.

Je voudrais, aujourd'hui, étudier une question de la plus haute importance, celle de la cémentation des aciers, aciers au carbone, aciers spéciaux. Ici encore nous verrons comment la métallographie microscopique nous a servi de guide, aussi bien dans les recherches d'ordre purement scientifique que dans l'établissement de règles simples et pratiques.

Aucune opération métallurgique, si ce n'est la trempe, n'est plus répandue que la cémentation. Il n'est point de forgerons, de petits fabricants de pièces de mécanique qui ne cémentent, et vous savez que, d'autre part, la cémentation est la base même de la préparation des plaques de blindage par les procédés les plus modernes et que les Compagnies de chemins de fer, les usines d'automobiles, etc., obtiennent une grande partie de leurs pièces en cémentant de l'acier. Enfin, la cémentation sert à préparer les fers très carburés, matières premières de la fabrication des aciers au creuset. En un mot, la cémentation est une opération extrêmement répandue, qui touche la grande comme la petite industrie.

Étant donné ce fait, on pourrait croire que cette opération a été particulièrement étudiée, que l'on a pu établir des règles précises, permettant d'obtenir des résultats sûrs.

(1) Voir planche n° 62.

Il n'en est rien : aucune opération ne se fait d'une façon plus aléatoire et le hasard régit absolument la qualité du résultat. Étudier, par des moyens scientifiques, l'opération de la cémentation : établir des règles simples, faciles à mettre en pratique, tel est le problème que nous avons cherché à résoudre.

Qu'est-ce donc d'abord que la cémentation, tant au point de vue pratique qu'au point de vue théorique?

De quel phénomène connu, catalogué dans la science, peut-on et doit-on la rapprocher?

Quels sont les facteurs qui interviennent, et dans l'opération, et dans le résultat final?

La cémentation est une opération qui a pour but l'obtention d'une pièce dont l'âme soit suffisamment résistante à la traction et au choc, et dont la surface offre, après trempe, une certaine dureté, au sens minéralogique du mot, de façon à obtenir un bon frottement.

Pour arriver à ce résultat, la pièce, exécutée en acier extra-doux, est placée dans un milieu contenant du carbone et portée à une température assez élevée pour que le carbone se dissolve dans le fer. On a donc à la surface un acier riche en carbone, au centre un acier extra-doux, et, en trempant convenablement un tel acier, on obtient à la superficie la dureté désirée.

D'après cette définition, l'opération de la cémentation est une dissolution, la matière à dissoudre étant le carbone, le solvant étant l'acier ou le fer employé.

Mais le phénomène est beaucoup plus complexe, comme nous allons le voir.

Toutefois, envisageons-le en ce moment comme simple dissolution.

Quels sont les facteurs qui peuvent intervenir?

Prenons d'abord le solvant, le fer; il faut évidemment qu'il soit susceptible de dissoudre le carbone; or, M. Osmond a montré que le fer, qui, comme je l'ai rappelé dans ma première communication, peut exister sous trois états : α, β, γ, n'est susceptible de dissoudre le carbone que lorsqu'il est à l'état γ.

Voici donc un premier point bien établi, il faut pour qu'il y ait dissolution du carbone dans le fer, que le fer soit à l'état γ; il faudra donc chauffer l'acier à cémenter à une température d'environ 800 degrés pour avoir commencement de cémentation.

D'autre part, nous cémentons du fer ou de l'acier, on peut donc penser que le pouvoir dissolvant de ce fer ou de cet acier dépend

des quantités de matières qu'il contient déjà et notamment de son pourcentage en carbone. On peut donc supposer que la cémentation ne sera pas la même avec des aciers contenant 0.05, 0.100, 0,200, etc., 0/0 de carbone.

De plus, la matière à dissoudre le carbone, jouera évidemment un rôle primordial et il semble bien, *a priori*, que le cément ou matière dont on entoure l'acier et qui est appelé à céder son carbone peut influer considérablement sur le phénomène, puisqu'il peut présenter le carbone sous des formes totalement différentes : graphite; oxyde de carbone; cyanure de potassium, de baryum, d'ammonium; hydrocarbures, comme nous le verrons tout à l'heure.

Enfin, il est à penser que le pouvoir dissolvant du fer pour le carbone croît avec la température, ainsi que l'établit l'étude générale des phénomènes de dissolution et que la cémentation sera d'autant plus importante que ce temps de contact sera plus prolongé.

En résumé, nous voyons donc, *a priori*, intervenir quatre facteurs :

1° La nature de l'acier;
2° La nature du cément;
3° La température de chauffe;
4° Le temps de contact.

Nous avons vu que, pour qu'il y ait cémentation, il faut que l'acier soit porté à une température assez élevée pour que le fer soit à l'état γ.

Toutefois, sur ce point, il faut faire une restriction. M. Charpy, reprenant des expériences déjà anciennes, a montré que l'on peut cémenter au-dessous du point de transformation du fer β en fer γ; mais alors il se forme simplement une croûte de cémentite et il n'y a pas, au sens propre du mot, dissolution de carbone dans le fer.

Pour étudier d'une façon précise la cémentation, je parlerai tout d'abord de la cémentation des aciers au carbone, j'étudierai ensuite la cémentation des aciers spéciaux. Mais, avant d'entrer dans le sujet même de cette communication, je voudrais détruire un certain dicton qui règne dans l'industrie : on entend souvent déclarer qu'un acier *ne prend pas la cémentation*. Que faut-il entendre par aciers non « cémentables »? En envisageant la question au point de vue théorique, on dira qu'un acier ne

prend pas la cémentation lorsque la dose de carbone de la périphérie n'augmente pas après un temps de contact assez long, avec une matière susceptible d'abandonner du carbone et cela à température convenable. Si on examine la question au point de vue pratique, on dira qu'un acier n'est pas « cémentable », lorsque, mis en présence de cément, dans les conditions voulues, puis trempé convenablement, il n'a pas vu durcir sa surface.

Existe-t-il de ces aciers? Assurément, il en existe même un grand nombre, mais ce sont tous des aciers spéciaux et j'indiquerai plus loin les différentes causes possibles de ce phénomène.

Mais il n'existe pas d'aciers au carbone ou de fer qui ne soient pas susceptibles de prendre la cémentation, et cela quelle que soit la dose primitive de carbone contenue dans l'acier. Lorsqu'un acier ordinaire n'a pas vu sa dose superficielle de carbone augmenter à la suite d'une cémentation, lorsque, par une telle opération suivie de trempe, sa dureté n'a pas augmenté, on peut déclarer que la cémentation n'a pas été bien faite, soit que le cément était mauvais ou la température trop basse, soit que la trempe ait été faite à température trop faible.

Tous les aciers au carbone sont susceptibles de prendre la cémentation.

Cémentation des aciers au carbone.

Généralités.

Ce point établi, je me propose d'examiner l'importance des différents facteurs dont nous avons précédemment parlé sur les résultats de la cémentation.

Deux choses peuvent varier dans le résultat final :

1° La pénétration du carbone, qui peut être plus ou moins profonde;

2° La dose de carbone renfermée dans la couche périphérique,

Comment pourra-t-on mesurer l'une et l'autre? C'est la métallographie microscopique qui nous permettra d'établir ces points.

Je rappelle que, si l'on considère des aciers au carbone recuits contenant de 0 à 3 0/0 de carbone, on est conduit à les classer en deux catégories bien distinctes (voir texte et figure de mon premier mémoire sur la métallographie microscopique) :

1° Les aciers hypoeutectiques contenant moins de 0,900 0/0 de carbone, qui renferment de plus en plus de perlite, laquelle apparait en noir par attaque à l'acide picrique;

2° Les aciers hypereutectiques renfermant plus de 0,900 0/0 de carbone et dont la teneur en cémentite augmente avec celle en carbone. La cémentite apparait en blanc dans une attaque à l'acide picrique, en noir dans une attaque au picrate de soude en solution sodique.

L'acier à 0,900 0/0 de carbone constitue l'acier eutectique.

Si l'on prend un acier à 0,120 0/0 de carbone, type des aciers de cémentation, si on le cémente, puis le polit après refroidissement et l'attaque, on voit apparaitre très nettement à l'œil la partie cémentée.

Si on examine l'acier au microscope, on voit, à partir d'un certain endroit, la perlite qui va en augmentant; on trouve très nettement la zone où elle est sensiblement pure; puis, si la cémentation a été poussée assez loin, on voit apparaitre la cémentite qui se présente en longues aiguilles blanches. Les photographies que nous donnons *(fig. 1 à 4, Pl. 62)* montrent ces importants changements.

Si donc entre le métal et l'objectif on interpose un micromètre, on conçoit aisément que l'on pourra mesurer la pénétration du carbone avec une très grande approximation, laquelle ne dépendra que du micromètre et du grossissement employé.

Quant à la teneur en carbone de la couche superficielle, elle peut difficilement être mesurée par voie micrographique. On peut bien voir s'il y a plus ou moins de cémentite, mais il est impossible de donner un chiffre permettant de fixer les idées et d'établir une comparaison certaine.

La seule méthode scientifique consiste à enlever au tour une certaine épaisseur du morceau cémenté et bien nettoyé. Nous avons opéré en enlevant au tour un quart de millimètre et nous avons fait le dosage du carbone sur cette portion par voie de combustion.

Nous voici donc fixés sur les moyens à employer pour opérer ces deux sortes de détermination :

1° La vitesse de pénétration du carbone;

2° La teneur en carbone de la couche périphérique.

Avec ces mesures, nous allons pouvoir déterminer l'influence des différents facteurs.

Mode d'expériences.

Ici je dois donner quelques détails précis sur le mode d'expérience que nous avons utilisé et qui présente, du moins nous le croyons, toutes les garanties. L'acier à traiter était placé au centre d'une boîte ayant 8 cm de diamètre intérieur; l'acier utilisé avait toujours un diamètre de 20 mm. Il y avait donc une épaisseur de 2 cm entre le bois et l'acier de tous côtés. Il est important de préciser ces différents points; car l'épaisseur de la boîte, la quantité de cément, influent d'une façon considérable sur le résultat final.

D'autre part, l'acier placé dans la boîte était introduit dans le four froid. Il faut donc compter un certain temps pour atteindre la température désirée ; pendant une partie de ce temps, il peut y avoir cémentation. Quant à la température de l'expérience, elle était mesurée d'une façon très précise par des moyens que nous indiquons plus loin.

Influence de la teneur en carbone de l'acier initial.

Nous avons cémenté avec deux céments chimiquement définis pendant un même temps (huit heures) à la même température, 1 000 degrés, des aciers dont la teneur en carbone va en croissant, depuis 0,5 jusqu'à 2,2 0/0. Les mesures ont été faciles à faire jusques et y compris l'acier renfermant 0,510 de carbone; au delà, elles présentent une telle incertitude par suite de la compacité générale de la perlite, qu'il nous est impossible d'en parler.

Voici le résultat de ces opérations ;

NUMÉRO de L'ÉCHANTILLON	TENEUR EN C de L'ACIER INITIAL	VITESSE DE PÉNÉTRATION EN DIXIÈMES DE MILLIMÈTRE	
		1er cément	2e cément
1	0,055	35,5	32,5
2	0,066	35	32,5
3	0,085	35	32,5
4	0,180	35	32,5
5	0,400	35	32,5
6	0,510	35,5	32,5

Conclusion. — Jusqu'à une teneur en carbone d'au moins 0,510 0/0, la vitesse de pénétration du carbone est la même.

INFLUENCE DU TEMPS SUR LA VITESSE DE PÉNÉTRATION.

Pour connaître l'influence du temps, nous avons cémenté un même acier à une même température de 1 000 degrés avec le même cément pendant des temps croissants et nous avons mesuré les différentes vitesses de pénétration.

Le tableau suivant résume nos résultats.

Le morceau d'acier enfermé dans la boite de cémentation était placé dans le four porté à la température de 1 000 degrés. Pendant le premier quart d'heure, la vitesse de pénétration est nulle : cela est dû à ce qu'il faut que la boite et l'acier aient eu le temps de prendre la température du four.

TEMPS	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre	TEMPS	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre
1/4 heures.	0	4 heures.	13
1/2 —	0,5	6 —	20
1 —	8	8 —	30
2 —	10		

On voit que la pénétration du carbone croît avec le temps mais qu'il est impossible, du moins avec le cément dont nous nous sommes servis dans ces expériences, de déclarer que la vitesse de pénétration est constante (Groupe I de Bandes, *Pl. 62*).

Nous allons revenir sur ce point qui peut paraître étrange *a priori*.

Conclusions. — Il faut bien expérimenter le cément que l'on utilise et se baser sur des opérations préalables pour obtenir une pénétration déterminée.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LA VITESSE DE PÉNÉTRATION.

Dans ces expériences, nous avons cémenté, toujours avec le même cément, pendant un même temps, huit heures, à des températures croissantes.

TEMPÉRATURES	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre	TEMPÉRATURES	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre
700 degrés.	0	950 degrés.	28
800 —	5	975 —	32
850 —	10	1 000 —	42
900 —	16	1 025 —	48
925 —	20	1 050 —	52

On voit combien la vitesse de pénétration varie avec la température de chauffe.

Il est nécessaire surtout de bien retenir qu'un écart de 100 degrés donne souvent des vitesses de pénétration variant du simple au double (Groupe II de Bandes, *Pl. 62*).

*Conclusions. — **Il faut donc savoir d'une façon aussi précise que possible la température à laquelle se trouve la boîte de cémentation.***

Influence du cément.

Il faut avant tout que le cément soit chimiquement défini, à seule fin de pouvoir l'obtenir toujours identique à lui-même et, par conséquent, d'avoir des résultats comparables.

Dire qu'un cément est chimiquement défini, c'est-à-dire qu'il est constitué par des produits chimiques de composition définie, et, par conséquent, toujours identiques à eux-mêmes. Nous allons citer quelques céments répondant à ce desideratum :

Le ferrocyanure de potassium;
Le cyanure de potassium;
Le charbon de sucre;
Le graphite;
Le charbon de bois; il est cependant à noter que la valeur de ce produit peut subir quelques variations avec le bois employé, le traitement subi, etc.;
Des mélanges de charbon de bois et de carbonate de baryum;
Le noir animal lavé à l'acide;
Des mélanges ferrocyanure et bichromate de potassium, etc.

Comment peut agir un cément?

1° Si le cément n'est composé que de carbone, peut-il agir

d'abord par simple dissolution du carbone par la partie du fer qui se trouve en contact avec lui?

D'importantes expériences, que nous venons de terminer, ont prouvé que cela est impossible. En effet, le carbone pur, tel que le charbon de sucre, ne cémente pas dans le *vide*.

2° Un cément composé de carbone peut agir par l'oxyde de carbone formé par action de l'air de la boîte. Mais l'oxyde de carbone agit lentement en donnant $2CO = C + CO^2$. De plus, CO^2 a, au contraire, un rôle décarburant. C'est ainsi qu'agiront le charbon de sucre, le noir animal lavé, etc.

3° Le produit contient un cyanure.

Il agira alors par le groupement cyanogène $(C \equiv Az)^2$.

Ce groupement se décomposera et déposera le carbone.

C'est ainsi qu'agira le cyanure de potassium.

4° Le produit est susceptible de donner naissance à un cyanure; c'est le cas d'un grand nombre de céments.

Le ferrocyanure de potassium donne du cyanure et du cyanate de potassium, ainsi que de l'oxyde de fer.

Le mélange ferrocyanure et bichromate de potassium donne naissance à un mélange de cyanure et de cyanate dilué dans une masse d'oxyde de fer et d'oxyde de chrome.

Le mélange charbon et carbonate de baryum se trouvera dans le même cas. En effet, en présence de l'azote de l'air, ce mélange donne naissance à du cyanure de baryum, suivant l'équation :

$$Az + 4C + CO^3Ba = (CAz)^2Ba + 3CO.$$

Il agira donc et par le cyanure et par l'oxyde de carbone.

Nous verrons tout à l'heure comment nous avons été conduits par des expériences précises à considérer le rôle du charbon de bois, lequel agit, non seulement par l'oxyde de carbone, mais aussi et surtout par le carbonate de potassium qu'il renferme toujours. Dans ces conditions, il se forme du cyanure de potassium.

$$2Az + 4C + CO^3K^2 = 2CAzK + 3CO.$$

5° D'autre part, certains céments contiennent, soit comme impuretés, soit intentionnellement, des carbonates dissociables aux températures de cémentation, notamment le carbonate de chaux.

Dans ces conditions, en présence du charbon, il se forme de l'oxyde de carbone qui agit mais très lentement.

6° Enfin on utilise surtout dans les grandes forges, des hydrocarbures pour faire la cémentation (gaz d'éclairage, pétrole, etc.). Ceux-là agissent certainement par dissociation.

En résumé, si l'on cherche à établir une classification des céments d'après les réactions qu'ils sont susceptibles de fournir à haute température, on est conduit à la classification suivante :

1° Cément agissant par l'oxyde de carbone ;

2° Cément agissant par un cyanure (potassium, baryum, ammonium) ;

3° Cément agissant par les hydrocarbures.

La nature des céments peut influer d'une façon très notable sur les résultats de la cémentation, soit qu'ils offrent des vitesses de pénétration très différentes, soit qu'ils fassent varier la teneur en carbone de la couche périphérique.

Influence du cément sur la vitesse de pénétration.

Pour étudier l'influence des céments sur la vitesse de pénétration du carbone, nous avons cémenté pendant le même temps, huit heures, à des températures différentes, en présence de différents produits.

Voici les résultats obtenus :

Températures	60 Charbon + 40 Carbonate de baryum	2 Ferrocyanure + 1 Bichromate	Ferrocyanure seul	Charbon de bois fin
700 degrés.	0	0	0	0
800 »	5	8,5	5	5
900 »	22,5	17,5	20	12,5
1 000 »	55	32,5	32,5	25
1 100 »	45	45	50	35

On voit ici que la vitesse de pénétration est très variable avec la température et le cément.

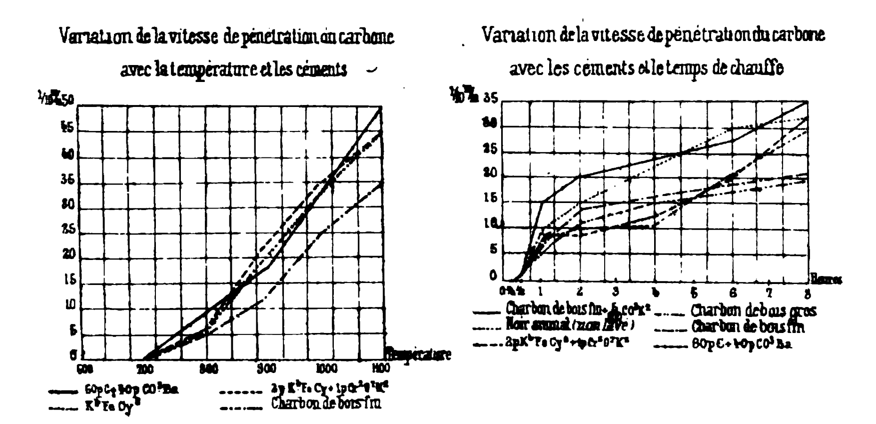
Comme nous l'avons dejà constaté pour certains céments, elle est double à 1 000 degrés de ce qu'elle est à 900 degrés.

D'autre part, nous avons cémenté avec différents céments à la même température, 1 000 degrés, pendant des temps différents.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Temps	60 Charbon + 40 Carbonate de baryum	Ferrocyanure + Bichromate	Noir animal non lavé	Charbon de bois fin	Charbon de bois gros	Charbon + Carbonate de potassium
1 heure.	8	8,5	9	7,5	7	15
2 »	10	9,5	15	13,5	11	20
4 »	12	12,5	22,5	16	15	24
6 »	20	19	27	18,5	17,5	28
8 »	30	32,5	32,5	25	23,5	35

Ces expériences prouvent que la vitesse de pénétration du carbone est à peu près la même, quel que soit le cément, après



un temps suffisamment long, mais qu'elle est extrêmement variable avec le cément au début de chaque opération.

Nous avons voulu voir, avec d'autres céments, si au bout de huit heures la pénétration du carbone était la même que celle déjà trouvée.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

CÉMENTS	PÉNÉTRATION
80 Charbon + 20 Carbonate de baryum	37,5
40 Charbon + 60 Carbonate de baryum	35
Ferrocyanure seul.	32,5
2 Ferrocyanure + 1 Bichromate.	32,5

On peut donc conclure qu'un très grand nombre de céments donnent à 1 000 degrés sensiblement la même pénétration au bout de huit heures. Mais ces observations mettent en vue un fait qui nous a paru tout particulièrement intéressant. Parmi tous les céments considérés, le charbon de bois est celui qui donne la plus faible pénétration après huit heures de chauffage, tandis que la pénétration après une heure est normale. Les résultats fournis par le charbon de bois et ceux donnés par les autres céments sont d'autant plus différents que le temps de chauffage a été plus prolongé.

Le charbon de bois agit donc comme s'il renfermait un produit particulièrement actif qui va en s'épuisant. Or, si l'on considère le charbon de bois du commerce, et si on en fait l'analyse, on y trouve quelques quantités de carbonate de potassium.

On sait, d'autre part, que le carbonate de potassium est susceptible de donner, avec le charbon en présence de l'azote de l'air du récipient, du cyanure de potassium. On peut donc penser *a priori* que le carbonate de potassium est le produit actif. Pour nous en assurer, il était fort simple de cémenter par un mélange charbon de bois et carbonate de potassium. Dans les conditions où nous avons opéré, nous avons trouvé que l'on augmente considérablement la vitesse de pénétration ; mais il semble toutefois que cette vitesse va en diminuant et l'on peut alors se demander si l'azote contenu dans la boite et qui doit en quelque sorte faire la navette entre le cément et l'acier ne s'épuise pas lui-même. En un mot, nous nous sommes demandé quels résultats nous obtiendrions en cémentant par le même mélange de charbon et de carbonate de potassium, mais en présence d'un courant d'azote ou d'ammoniaque.

Dans le cas du courant d'azote, nous avons eu la même courbe de pénétration qu'avec le chauffage pur et simple. Il faut donc attribuer l'épuisement du cément, dans le cas du charbon et du carbonate de potassium, à la volatilisation des cyanures alcalins et non à l'épuisement de l'azote.

Dans le courant d'ammoniaque, on obtient une vitesse de pénétration constante, quel que soit le cément employé. Ceci provient certainement de ce que, dans tous les cas, il se forme du cyanure d'ammonium et qu'en réalité on est bien en présence d'un seul et même cément.

INFLUENCE DU CÉMENT SUR LA VALEUR EN CARBONE DE LA COUCHE SUPERFICIELLE.

Pour déterminer cette influence, un acier à 0,05 de carbone était cémenté pendant huit heures à 1 000 degrés, puis, le morceau étant bien nettoyé, on enlevait au tour un quart de millimètre. L'acier de cette première passe était analysé. On faisait une analyse de l'acier retiré dans une seconde passe sous la même profondeur.

Les résultats obtenus ont été les suivants :

CÉMENTS EMPLOYÉS	VALEUR EN CARBONE	
	1re PASSE	2e PASSE
80 C + 20 CO^3 Ba	1,14	0,75
60 C + 40 CO^3 Ba	1,32	1,19
40 C + 60 CO^3 Ba	0,91	0,77
K^4 Fe Cy^6	0,98	0,81
2 p. $K^4 FeCy^6$ + 1 p. $Cr^2 O^7 K^2$	1,06	0,82

On voit que les céments donnent des résultats différents.

Discussion des résultats obtenus. — Élaboration de règles pratiques.

Comme nous l'avons dit plus haut, le résultat de la cémentation est caractérisé, d'une part, par l'épaisseur de la couche cémentée, d'autre part, par la valeur en carbone de la couche périphérique.

Sont-ce bien là les seules caractéristiques? Nous n'avons jusqu'ici envisagé la question qu'au point de vue cémentation; mais, tandis que la couche superficielle de l'acier se cémente, l'âme de la pièce est soumise à un recuit qui dure le temps de la cémentation et qui a lieu à la température à laquelle on cémente.

Examinons donc de suite l'influence que peut avoir ce recuit plus ou moins prolongé sur le résultat final.

On sait depuis longtemps qu'un recuit prolongé à haute température a pour effet de grossir le grain de l'acier et de le rendre

fragile. Si même la température est suffisamment élevée, il peut y avoir décarburation du métal.

Dans ce dernier cas, l'acier est dit brûlé ; dans le premier, il est dit surchauffé.

D'une façon générale, on a tendance dans l'industrie à généraliser l'expression d'acier brûlé et à désigner ainsi tout acier surchauffé, alors même qu'il n'y a pas décarburation. C'est une erreur.

Pour connaitre l'influence du recuit prolongé à différentes températures, nous avons pris de l'acier extra-doux très homogène et nous avons cémenté des morceaux d'un diamètre assez fort pour que l'on puisse y prélever, hors de la partie cémentée, des éprouvettes Fremont.

La cémentation a duré huit heures dans chaque cas, on a opéré à 850, 900, 950, 1 000 et 1 050 degrés.

Les essais Fremont ont donné :

DURÉE du RECUIT	TEMPÉRATURES de RECUIT	MOYENNE de 10 ESSAIS AU CHOC
8 heures	800 degrés	26 kgm
8 heures	850 —	28 —
8 heures	900 —	15 —
8 heures	950 —	12 —
8 heures	1 000 —	4 —
8 heures	1 050 —	3 —
8 heures	1 100 —	4 —

Il est bien connu d'ailleurs que la fragilité augmente :

1° Avec la teneur en carbone ;

2° Avec le temps de recuit ;

3° Avec la température de chauffe.

A ce point de vue, la conclusion est donc fort simple : il faut cémenter un acier contenant le moins de carbone possible, pendant le minimum de temps et à la température la plus basse possible.

Mais, d'autre part, il faut cependant entrer dans d'autres considérations d'une importance aussi grande et qui vont nous fixer sur les règles à suivre.

L'acier à adopter doit contenir assez de carbone pour que l'âme de la pièce soit, après cémentation, suffisamment résistante;

mais, d'autre part, cette âme ne doit pas prendre la trempe, opération qui, comme nous l'avons dit, suit toute cémentation. Enfin, on sait que, jusqu'à un certain point, plus l'acier contient de carbone, plus les lingots sont exempts de paille et de soufflure. Donc, toutes choses égales d'ailleurs, on devra préférer un acier contenant de 0,100 à 0,150 de carbone. C'est l'acier de nuance 36 à 38 kg. On devra regarder comme teneur de carbone maximum 0,200 0/0.

Certains industriels préfèrent des aciers dont la teneur en carbone soit aux environs de 0,200, parce qu'un tel acier, suivant l'expression de l'atelier, ne bourre pas l'outil, ce que fait certainement un métal plus doux. Ce point a même acquis, chez certains industriels, une importance telle que l'on est obligé quelquefois de leur livrer des aciers légèrement phosphoreux qui se décollètent mieux (1).

Un autre point assez important est la teneur en manganèse. On sait que ce produit facilite singulièrement le travail du métal ; néanmoins il n'en faut pas beaucoup dans les aciers de cémentation ; 0,350 0/0 semble être un maximum. En effet, un acier plus manganésé *s'écaille* facilement à la trempe quand il contient beaucoup de carbone.

En résumé, on doit préconiser l'emploi d'acier contenant de 0,100 à 0,150 de carbone et renfermant peu de manganèse.

La température de chauffe doit être suffisante pour que la pénétration cherchée, laquelle est généralement 0,5 mm à 1 mm, soit obtenue en un temps limité ; d'autre part, nous avons vu que l'influence du recuit pendant huit heures ne se fait sentir qu'à une température de 900 degrés.

Nous indiquerons donc, comme meilleure température de cémentation, 850 degrés. Mais il faut que cette température soit bien régulière.

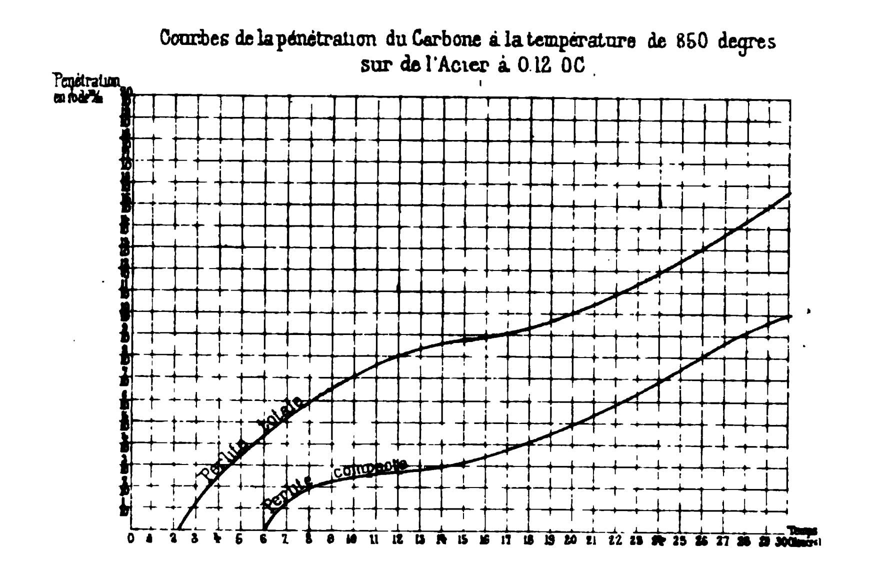
Le temps de chauffe est réglé par la pénétration que l'on désire. Le choix du cément est imposé par cette considération sur laquelle j'insisterai :

L'idéal dans l'opération de la cémentation serait d'avoir une couche périphérique dont la dose de carbone soit celle de l'eutectique, c'est-à-dire 850 0/0.

Voici pourquoi : nous avons vu tout à l'heure que la cémentite

(1) C'est ce que fait, une importante usine française. Une aciérie suédoise livre au décolletage un acier contenant un peu de soufre, toujours dans le même but.

se présente la plupart du temps dans les aciers cémentés sous forme d'aiguilles extrêmement fines. Si l'on essaie au Mouton Fremont un tel acier, il donne invariablement 0 kilogrammètre; sa fragilité est énorme ; on peut, en effet, assimiler les aiguilles de cémentite dont nous venons de parler à l'entaille aiguë préconisée par M. Le Blant pour les essais au choc.



Si le bord de l'acier contient une dose de carbone trop élevée, il peut subsister, après trempe, un peu de cémentite ; de ce fait l'acier est très fragile.

Mais ce cas ne peut arriver que lorsque la partie cémentée est très carburée. Or nous avons rencontré des aciers cémentés trempés dont la dose en carbone de la couche superficielle était d'environ 1,2, qui ne présentait aucune trace de cémentite, et qui, cependant, était très fragile, quoique l'âme ne le fût pas.

Ceci s'explique en admettant, et ce n'est là qu'une simple hypothèse, que la martensite qui se forme par trempe garde quelque chose de la texture aciculaire de la cémentite. En tous les cas, pour éviter cette chance d'insuccès, il vaut mieux ne pas aller plus loin que 1 0/0 de carbone comme pourcentage de la couche extérieure.

Ceci nous a conduit à adopter un cément toujours facile à préparer identique à lui-même et formé de 60 charbon et 40 carbonate de baryum.

Il faut, avant tout, éviter les céments brusques, c'est-à-dire ceux qui, après un faible temps de chauffe, donnent une surface très riche en carbone.

Nous donnons la courbe de pénétration avec ce cément (1).

Je tiens, aussi, à attirer votre attention sur un autre point important. Ce sont les boîtes de cémentation. Généralement, on se sert de boites parallélipipédiques dans lesquelles on dispose des séries de pièces les unes à côté des autres et aussi en couches superposées. Cette façon de faire ne saurait être préconisée : en effet, à moins d'une cémentation très prolongée, les résultats obtenus différeront notablement, suivant que les pièces seront contre les parois ou au centre de la boite. Il est, en effet, de toute évidence que les premières auront atteint plus rapidement que les secondes la température nécessaire à la cémentation et que, par conséquent, l'épaisseur de la couche cémentée différera.

Il nous semble que le seul moyen pratique est d'utiliser des tubes dont le diamètre est calculé de façon à contenir la pièce entourée d'une couche d'environ 5 à 7 cm de cément.

Enfin, nous tenons à nous élever ici contre une pratique d'atelier qui est véritablement dérisoire. Dans toutes les usines, on trempe aussitôt après la cémentation, c'est-à-dire qu'au moment où l'on retire la boîte du four à cémenter, alors même qu'on ignore la température à laquelle elle se trouve, on l'ouvre et, au hasard, on y prend les pièces qu'elle contient et on les trempe.

On ignore donc totalement la température à laquelle on pratique la trempe ; les premières pièces trouvées seront trempées à trop haute température, les autres au-dessous des points de transformation. C'est là un aléa.

Nous émettrons donc la règle pratique suivante pour la cémentation des aciers au carbone :

1° Employer des aciers de 100 à 150 de carbone;

2° Utiliser un cément chimiquement défini, qui ne soit pas brusque, tel un mélange de 60 charbon + 40 carbonate de baryum;

3° Cémenter à la température de 800 à 850 degrés, en cherchant à obtenir une température aussi constante que possible;

(1) Nous avons cru devoir indiquer en même temps la variation de la couche de la perlite compacte. On trouvera des chiffres qui ne sont pas identiques aux chiffres précédemment obtenus ; ceci provient de ce que, ici, les boîtes ont été mises dans le four chaud, ce qui correspond à la pratique de l'atelier.

4° Employer, pour cémenter, des boîtes qui laissent autour de la pièce une épaisseur de 5 cm de cément;

5° Laisser refroidir l'acier cémenté, le porter dans un four à environ 800 degrés, l'y laisser le temps nécessaire pour qu'il prenne cette température et tremper.

Installation d'un atelier de cémentation.

Fours.

Les fours employés doivent être de préférence des fours à gaz; la température est plus facile à régler, les à-coups moins fréquents qu'avec les fours à charbon. Nous donnerons, à titre d'exemple, la description des fours qui viennent d'être construits dans les usines de Dion-Bouton par MM. Fichet et Heurtey avec le concours de la maison Mittau, entrepreneur de fumisterie.

Le problème à résoudre se posait dans les termes suivants:

Établir une batterie de six fours à réverbère pouvant être chauffés à toute température jusqu'à 1 200 degrés;

Maintenir indéfiniment et invariablement la température au point fixé pour chaque nature d'opération : recuit, trempe, cémentation, etc.;

Maintenir à volonté l'atmosphère des fours oxydante, neutre ou réductrice ;

Effectuer le chauffage avec le minimum de dépense de combustible;

Assurer l'égalité de température sur tous les points d'une sole de 0,90 m sur 1,40 m ;

Ménager des regards pour les prises de gaz et la mesure des températures, sans avoir à ouvrir les portes;

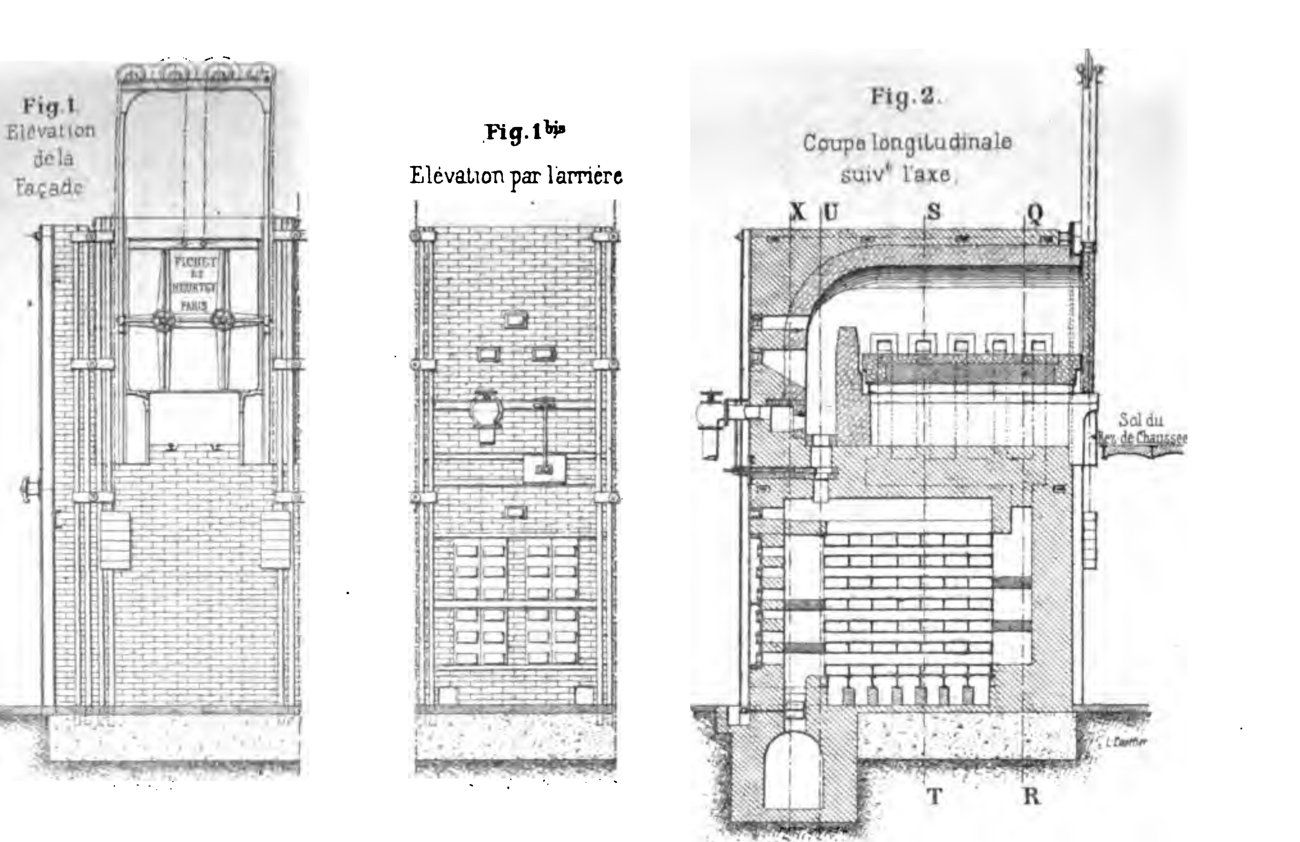
Les soles doivent pouvoir être enlevées et remises en place facilement pour être portées rapidement près des bains de trempe, sans que les pièces soient exposées à un refroidissement sensible;

Les fours doivent pouvoir fonctionner ensemble ou séparément;

On doit pouvoir substituer, sans interruption, le chauffage au gaz de ville au chauffage au gaz pauvre.

Le problème a été résolu de la façon suivante :

Pour réaliser l'économie du chauffage, les fours ont été munis de puissants récupérateurs, capables de porter à très haute tem-



Fours à cémenter des usines de Dion et Bouton, construits par MM. Fichet et Heurtey.

pérature l'air nécessaire à la combustion du gaz. Les récupérateurs sont situés sous les fours, en contre-bas du sol, et leur hauteur a été déterminée de façon à faire arriver l'air aux orifices brûleurs à une assez grande vitesse.

Cela a permis de faire des brûleurs en lames minces et d'assurer l'égale répartition de la température dans toute la largeur du four.

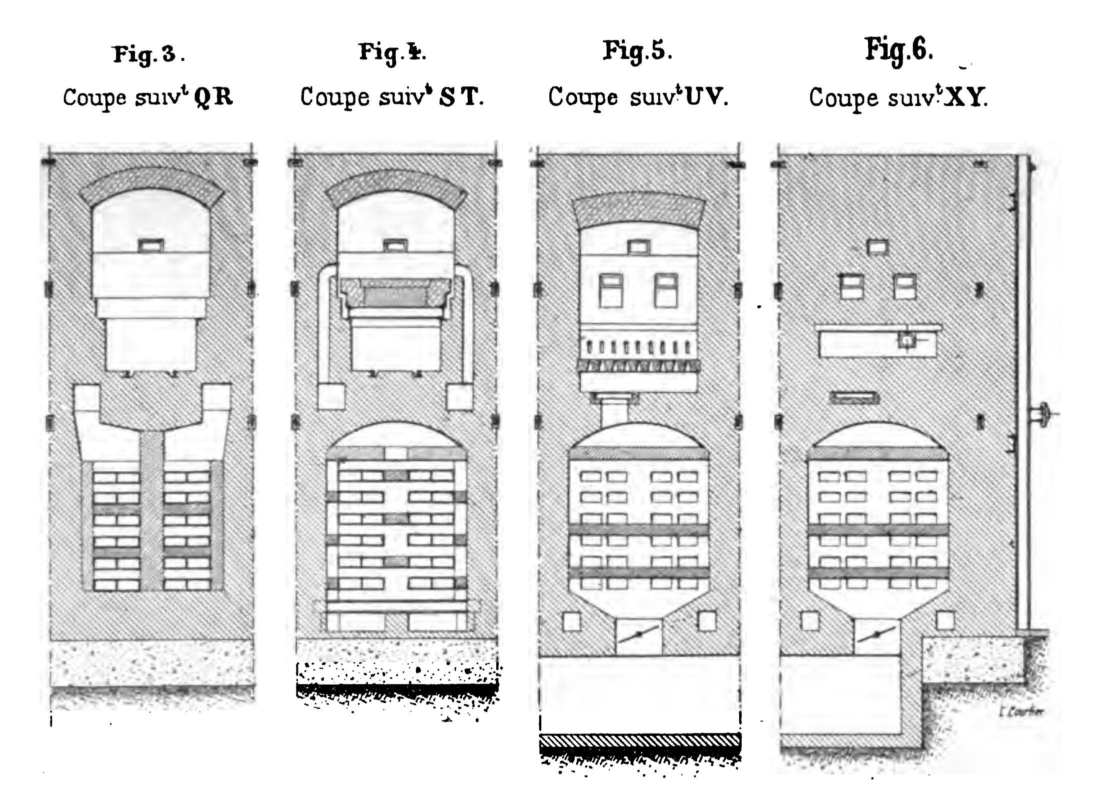
Les brûleurs sont disposés de telle sorte que l'air se dégage en lames verticales et croisant avec les lames de gaz qui arrivent horizontalement. Le brassage qni en résulte assure la combustion complète du gaz sans excès d'air. La flamme s'élève dans un canal vertical derrière l'autel et s'épanouit contre la voûte du four qui chauffe la sole par rayonnement. Les produits de la combustion sont évacués aux quatre coins du four par orifices situés au niveau de la sole, ils descendent par des canaux ménagés dans l'épaisseur des murs latéraux, et se réunissent dans une chambre voûtée dont le dessus affleure le niveau du sol. De là, les gaz descendent dans un récupérateur en briques réfractaires, dans lequel s'effectue le chauffage de l'air.

Les fours sont munis de portes à coulisses équilibrées par des contrepoids; elles sont formées par un cadre métallique garni de dalles creuses réfractaires. Deux vis permettent de les appuyer contre l'armature de façon à assurer une fermeture hermétique. Des regards sont ménagés dans les portes pour surveiller les opérations et faire les mesures de températures.

Les soles sont constituées par des cadres en métal recouvertes d'une garniture épaisse en matériaux réfractaires. Elles reposent sur les murs latéraux dans lesquels on a pratiqué des retraites à hauteur convenable. Pour les mettre en place et les retirer, on amène en dessous un chariot dont la plate-forme est supportée par quatre vérins actionnés par des vis sans fin, commandées par un volant à main placé en arrière du chariot. En tournant le volant, on soulève la sole de quelques centimètres et on peut alors ramener facilement le chariot en arrière et le conduire près des bacs de trempe. Cette manœuvre est assez rapide pour éviter le refroidissement des pièces placées sur la sole.

Une conduite de gaz d'éclairage est branchée sur la tubulure d'arrivée de gaz et permet d'assurer le chauffage en cas d'interruption du service des gazogènes.

Enfin, un petit transbordeur sur rails permet de venir retirer



Fours à cémenter de la maison de Dion et Bouton, construits par MM. Fichet et Heurtey.

aisément les soles du four et de les conduire près des bains de trempe. Cette manipulation n'a lieu que lorsque les pièces sont suffisamment importantes. Pour les petites pièces, le même transbordeur est utilisé pour rapprocher des fours des petits bains de trempe portatifs. Une installation spéciale est aménagée dans les caves pour la préparation des céments ; elle comporte un broyeur-tamiseur qui permet d'obtenir le charbon et la witherite (carbonate de baryum naturel) en poudre *(fig. 5 à 8, Pl. 62)*.

Mesure de la température.

Les fours sont maintenus à la température de 850 degrés; pour avoir des résultats certains, il est nécessaire de mesurer à chaque instant la température. Pour ce faire, nous avons utilisé au début des couples thermoélectriques Le Châtelier avec galvanomètre Siemens et Halske qui est gradué en températures; les couples fournis avec les galvanomètres sont interchangeables. C'est là un point capital, mais ceci n'enlève pas au couple le gros inconvénient de cristalliser rapidement et de devenir fragile.

Les savants, voyant les inconvénients des couples thermo-électriques, se sont tournés alors d'un autre côté, en se proposant de mesurer à distance la température des fours, par les radiations émises, ce qui, contrairement à ce qu'on avait fait jusque-là, permet de n'introduire aucun corps solide dans le four.

M. Le Châtelier a imaginé le « pyromètre optique », dont les indications reposent sur la mesure de l'intensité lumineuse des radiations rouges. La comparaison photométrique des rayons rouges émis par le feu se fait au moyen d'une petite lampe étalon à essence minérale. Le seul reproche qu'on puisse adresser à ce pyromètre optique est qu'il nécessite une mesure un peu délicate qu'il est peu prudent de laisser effectuer par les ouvriers et qui réclame une personne exercée.

M. Féry vient de combler cette lacune en imaginant son pyromètre à radiations calorifiques, dont le principe est très simple.

Si on vise un four incandescent au moyen d'une lunette, l'objectif donne l'image du four, et cette image est non seulement lumineuse, mais elle est calorifique. La chaleur solaire concentrée ainsi au moyen d'une lentille suffit, on le sait, à allumer de l'amadou. Il suffit donc de placer dans la lunette un couple analogue à celui que M. Le Châtelier introduit dans le four, pour prendre la température de l'image du four.

On conçoit facilement que la quantité de chaleur ainsi reçue ne sera qu'une fraction infiniment petite de celle du four; il faudra donc un couple beaucoup plus sensible pour obtenir le courant électrique nécessaire au déplacement de l'aiguille du galvanomètre qui indique la température. Tel est, en quelques mots, le principe du nouveau pyromètre.

La lunette supportée par un trépied solide est amenée devant l'ouverture du four dont il s'agit de mesurer la température; on vise cette ouverture, qui est mise au point par un pignon sur la petite pile thermoélectrique placée dans la lunette. Immédiatement, le galvanomètre (relié à la lunette par deux cordons souples qui peuvent être très longs, 15 mètres au maximum) indique par le déplacement de son aiguille visible la température du four.

Ajoutons que, bien que très sensible, et il le faut étant donnée la faible énergie mise en jeu, le galvanomètre est très robuste et ne craint ni les transports ni les chocs.

Les indications du pyromètre Féry sont indépendantes de la distance et des dimensions de l'ouverture du four, à partir d'une certaine valeur minimum, ce qui en rend le maniement particulièrement commode.

La lunette qui vient d'être décrite, et qui fonctionne actuellement dans un assez grand nombre d'usines, indique les températures entre 900 degrés et 1 800 degrés; on peut, suivant les besoin, en partant de plus de 900 degrés, obtenir une température limite extrême plus élevée, mais il est impossible de descendre au-dessous de 900 degrés.

Pour répondre aux demandes des industriels ayant à suivre des opérations marchant à plus basse température, M. Féry vient de rendre un appareil sensible à partir de 500 degrés; ceci a été obtenu grâce à des perfectionnements apportés dans la nature et la construction du couple, et aussi en remplaçant la lentille de sa lunette par un miroir analogue à ceux employés dans les télescopes. Il ne reste plus qu'un perfectionnement à apporter à cet appareil, c'est de le rendre enregistreur; espérons que les difficultés que soulève ce petit problème ne soient pas insurmontables et que bientôt nous trouverons fidèlement inscrites sur la feuille bien connue d'un cylindre tournant les moindres fluctuations de nos foyers, dont la surveillance est quelquefois si absorbante.

Cémentation des aciers spéciaux.

Utilisation d'aciers spéciaux donnant une cémentation très régulière.

La première question que nous nous sommes posée dans cette partie de notre travail était de savoir si l'emploi des aciers spéciaux à faible teneur en certains métaux ne pourrait pas améliorer les résultats pratiques de la cémentation.

Notre attention s'est portée de suite sur les aciers au nickel, et nous avons établi ce fait de toute première importance, que l'addition de 2 0/0 de nickel à un acier de cémentation ordinaire lui enlève la fragilité qu'il possède ordinairement après l'opération.

L'acier à 2 0/0 de nickel est d'ailleurs beaucoup plus homogène que l'acier au carbone ordinaire, la perlite s'y trouve bien mieux rétablie, comme le prouvent les photographies 9 et 10 de la planche 62.

Des essais comparatifs ont été faits sur barrettes Fremont non entaillées et cémentées pendant le même temps, à la même température et avec le même cément. Avec l'acier à 2 0/0 de nickel, on a obtenu 6, 7, 8 et même 10 kg, tandis que dans les mêmes conditions, l'acier au carbone donne au maximum 4 kgm.

A la suite de ces essais, nous avons utilisé cet acier en quantités considérables pour obtenir des arbres, des cuvettes de roulement, des engrenages, etc.

Nous concluons donc, que l'emploi de l'acier à 2 0/0 de nickel s'impose partout où la différence qui existe entre le prix de l'acier de cémentation et celui de l'acier à 2 0/0 de nickel, et qui se monte à environ 20 à 25 f, n'entre que faiblement en ligne de compte. La diminution considérable des pièces manquées, la sécurité beaucoup plus grande de fabrication compensent largement la différence de prix.

Influence des divers éléments sur la vitesse de pénétration.

Au cours de l'étude sur les aciers spéciaux que j'ai commencée et dont je vous ai communiqué quelques résultats, mon attention s'est trouvée tout particulièrement arrêtée sur la cémentation de ces aciers. En effet, l'un des points principaux de

cette étude réside dans la définition du rôle que joue le carbone; en cémentant un acier pendant un temps suffisamment prolongé, et en examinant le produit hétérogène ainsi obtenu, on peut déjà être renseigné sur les changements apportés par le carbone. C'est ainsi que j'ai été conduit à découvrir l'importance de certains phénomènes.

Je parlerai de la cémentation des aciers au nickel, j'examinerai ensuite le même phénomène dans les aciers au manganèse, au chrome, au tungstène et au silicium. Mais, avant, je veux définir l'influence de ces différents éléments sur la vitesse de pénétration du carbone.

Influence des différents éléments sur la vitesse de pénétration du carbone.

Pour déterminer cette influence, nous avons cémenté des aciers renfermant la même quantité de carbone et contenant des quantités croissantes de nickel, manganèse, chrome, tungstène, molybdène, silicium, titane, aluminium et vanadium.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

TENEUR en MÉTAL ÉTRANGER	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre	TENEUR en MÉTAL ÉTRANGER	VITESSE DE PÉNÉTRATION en dixièmes de millimètre
2 0/0 de Nickel . . .	7	2 0/0 de Molybdène .	11
5 Nickel . . .	5	1 Titane . . .	8
0,5 Manganèse .	11	2 Titane . . .	7
1 Manganèse .	12	0,5 Silicium . .	6
1 Chrome. . .	10	1 Silicium . .	5
2 Chrome. . .	11	2 Silicium . .	4
0,5 Tungstène. .	9	5 Silicium . .	0 *
1 Tungstène. .	9	1 Aluminium .	4
2 Tungstène. .	12	3 Aluminium .	2
1 Molybdène .	9		

* Pas de cémentation.

Dans les mêmes conditions, un acier au carbone aurait donné 9 dixièmes de pénétration. On voit donc que certains éléments avancent légèrement la cémentation et que d'autres la retardent et que ce retard peut même être considérable.

Bien que nous comptions revenir un jour sur la question de

la constitution des aciers ternaires, nous pouvons d'ores et déjà ajouter que :

1° Les corps qui retardent la cémentation sont ceux qui se trouvent en solution dans le fer (nickel, titane, silicium et aluminium) ;

2° Les corps qui, au contraire, avancent la cémentation sont ceux qui semblent exister à l'état de carbure double, et remplacer une partie du fer de la cémentite (manganèse, chrome, tungstène et molybdène).

Cémentation des aciers au nickel.

Si nous nous reportons à l'étude que je vous ai présentée sur les aciers au nickel, et plus particulièrement au diagramme que j'ai établi pour ces aciers (premier mémoire sur la métallographie), nous voyons qu'un acier à 2 0/0 de nickel, cémenté de façon que le bord contienne environ 1 0/0 de carbone, sera perlitique; mais que, si nous arrivons à 7 0/0 de nickel, on voit nettement que le bord de l'acier sera martensitique, tandis que l'âme sera perlitique.

Examinons de suite l'intérêt industriel que présente cette question. On sait que la martensite est le constituant des aciers trempés.

Si donc on prend une pièce faite en acier à 7 0/0 de nickel et si on la cémente de façon que la couche extérieure ait une teneur en carbone d'environ 1 0/0, on aura facilement une pièce dont l'âme sera perlitique et dont les bords seront martensitiques.

En un mot, la périphérie aura même constitution que si l'acier avait été trempé, tandis que l'âme est encore perlitique.

Donc, si l'on cémente convenablement une pièce faite en acier extra-doux à 7 0/0 de nickel, on lui communique sensiblement les mêmes propriétés que si elle avait été cémentée trempée. Je n'insisterai pas, ici, sur l'importance considérable de ce procédé qui est, en France comme à l'étranger la propriété des usines de Dion-Bouton. En prenant les précautions voulues, notamment en ayant soin de faire un refroidissement aussi lent que possible des pièces cémentées, on arrive à supprimer toutes les opérations qui accompagnent la trempe, telles que le redressement, la rectification, etc.

Je vous montrerai la micrographie d'un tel acier; on y voit nettement au centre de la perlite, puis, plus loin, de la martensite, qui devient de plus en plus dense (Bande B du Groupe III, *Pl. 62*).

Supposons maintenant que cet acier extra-doux à 7 0/0 de nickel nous le cémentions plus profondément, de façon, par exemple, que la périphérie soit à 1,50 0/0 de carbone, et suivons sur le diagramme ce que nous devons avoir; nous trouverons toujours au centre de la perlite, puis, plus loin, de la martensite mélangée tout d'abord à du fer α; cette martensite deviendra compacte, puis sera mélangée d'un peu de fer γ pur (Bande A du Groupe III, *Pl. 62*).

Si nous examinons chaque zone au point de vue mécanique, nous voyons que le centre à perlite aura une certaine résistance, la couche martensitique une très grande dureté, et enfin la surface présentera une qualité particulièrement précieuse, celle de se polir avec une très grande facilité, et cela sans usure.

Nous avons pensé que cet autre mode de cémentation pourrait être mis au point, industriellement parlant, et nous avons entrepris dans ce sens d'importantes expériences sur des pièces soumises au frottement. Elles ne sont pas encore assez avancées pour que nous puissions vous en rendre compte.

En résumé, l'étude de la cémentation des aciers au nickel nous a conduit à un procédé industriel de préparation de pièces qui, par simple cémentation, acquiert des propriétés particulièrement précieuses.

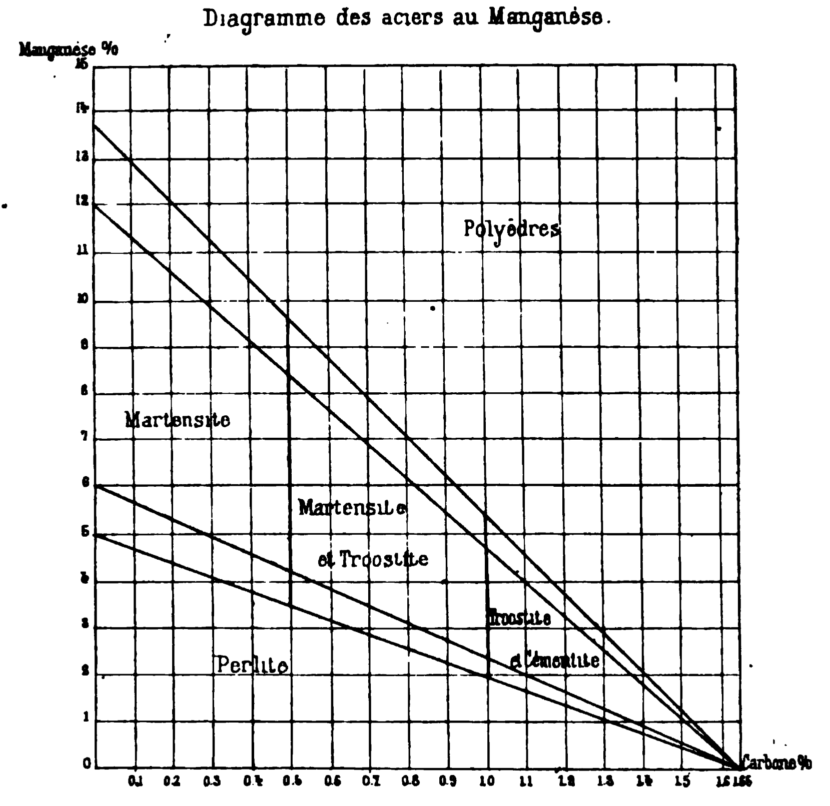
Cémentation des aciers au manganèse.

J'ai indiqué, dans ma première communication, que les aciers au manganèse ont une structure semblable à celle des aciers au nickel, à cela près que dans les aciers les plus carburés on obtient, au lieu et place de la martensite, de la troostite, et que, d'autre part, il faut beaucoup moins (environ moitié moins) de manganèse que de nickel pour produire le même effet. Nous donnons le diagramme que nous avons établi pour les aciers au manganèse.

Prenons un acier extra-doux renfermant 5 0/0 de manganèse, et cémentons-le de façon que la couche extérieure soit à 1 0/0 de carbone; on aura alors une âme perlitique, on verra ensuite un peu de martensite, mais la périphérie sera caractérisée par une grande abondance de troostite. Or, si l'on veut bien se rappeler que la troostite est un produit dont la dureté minéra-

logique est bien inférieure à celle de la martensite, on comprendra que les résultats industriels obtenus avec les aciers extra-

Diagramme des aciers au Manganèse.



doux au manganèse sont bien inférieurs à ceux donnés par les aciers au nickel.

Cémentation des aciers au chrome.

J'ai montré que les aciers au chrome étaient soit perlitiques, soit martensitiques, ou qu'ils pouvaient contenir un constituant spécial qui n'était autre qu'un carbure double de fer et de chrome.

Si l'on cémente un acier au chrome à 5 0/0, on pourra obtenir un acier martensitique et, si l'on pousse la cémentation assez loin, on obtiendra sur les bords le carbure double de fer et de chrome (Bande C du Groupe III, *Pl. 62*).

On obtiendra également, avant le carbure double, de la troostite.

Cémentation des aciers au tungstène.

Les aciers au tungstène ne présentent, au point de vue de la cémentation, aucun intérêt industriel. Nous avons vu que ces aciers se divisaient en deux classes :

Aciers perlitiques et aciers à carbure double de fer et de tungstène.

Ceux de la première classe sont susceptibles de donner par cémentation le carbure double; quant à ceux de la deuxième classe, ils présentent, après cémentation, le carbure double en plus grande abondance sur les bords.

Cémentation des aciers au silicium.

Au moment de ma communication sur la métallographie microscopique, mes travaux sur les aciers au silicium n'étaient pas encore assez avancés pour que je donne leur constitution.

Bien que je me réserve de vous en parler en détail dans une future communication sur les propriétés et l'utilisation des aciers ternaires, je vous dirai aujourd'hui que les aciers au silicium se divisent en deux classes bien distinctes : ceux dont le carbone est combiné et ceux dont le carbone est précipité à l'état de graphite. Au-dessous de 5 0/0 de silicium, on trouve de la perlite; entre 5 et 7 0/0 de silicium, on rencontre les termes de passage : il y a en même temps de la perlite et du graphite; au-delà de 7 0/0 de silicium, on n'a plus que du graphite.

De plus, un recuit suffisamment prolongé et fait à température assez élevée peut transformer les aciers perlitiques en aciers à graphite.

Supposons donc un acier à 2 0/0 de silicium; cémentons-le : tout d'abord la périphérie va augmenter en teneur de carbone, puis, lorsque le temps sera suffisant, la précipitation du carbone à l'état de graphite commencera.

Mais, si nous considérons un acier qui contienne déjà tout le carbone à l'état de graphite, *celui-ci ne pourra pas se cémenter*.

Aciers qui ne se cémentent pas.

Je viens de citer des aciers qui ne peuvent pas prendre la cémentation, en entendant par là que leur pourcentage en carbone n'augmente pas.

Mais, si on dit qu'il n'y a pas de cémentation lorsque l'acier n'augmente pas de dureté après cette opération suivie de trempe, on peut déclarer que de nombreux aciers spéciaux ne prennent pas la cémentation.

Prenons, par exemple, un acier martensitique au nickel, cémentons-le, sa couche extérieure sera formée de fer γ. Elle sera par là même beaucoup moins dure qu'avant l'opération.

Il y a donc bien des aciers qui ne se cémentent pas, mais ce sont des aciers spéciaux.

Aciers qui se cémentent a basse température.

Au commencement de ce mémoire, j'ai montré que l'une des conditions pour qu'il y ait cémentation était que l'on fût en présence du fer γ.

On peut donc se demander si des aciers dont le point de transformation magnétique est à basse température, notamment ceux à fer γ à la température ordinaire, ne se cémenteront pas à des températures moins élevées que 800 degrés.

J'ai fait à ce sujet des expériences très concluantes.

Dans une première série, j'ai cherché à cémenter à basse température; j'ai trouvé là de grandes difficultés provenant de ce qu'il ne suffit pas que l'acier considéré soit à fer γ, mais il faut encore que le cément utilisé agisse. Cependant, après de nombreux essais infructueux, j'ai pu, comme je l'ai indiqué dans une communication à l'Académie des Sciences, cémenter des aciers à fer γ vers 450 degrés, en me servant d'un mélange de cyanure de potassium et de chlorures alcalins et alcalino-terreux, dont le rôle est seulement d'abaisser le point de fusion du cyanure.

D'autre part, et ceci est le point qui me paraît le plus intéressant, j'ai cémenté à 1 000 degrés des aciers à fer γ, j'ai enlevé au tour, sur une certaine longueur, 0,25 mm de profondeur, et j'y ai dosé le carbone; j'ai trouvé 1,22 et 1,35 0/0. L échantillon a été laissé au repos pendant six mois, puis un nouveau dosage du carbone contenu à la surface a été fait; il a été trouvé 0,85 et 0,92 0/0. Le carbone a donc diminué à la surface; le fer de cet acier étant à l'état γ, le carbone de la périphérie se dissout petit à petit dans la masse, et je pense que, dans quelques années, elle se sera uniformisée d'une façon absolue dans tout le morceau d'acier.

CONCLUSIONS

Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

A. Cémentation des aciers au carbone.

La cémentation des aciers au carbone est une opération qui demande à être menée scientifiquement, suivant des règles fort simples à mettre en pratique, et qui diminuent, autant que faire se peut, les aléas de la fabrication. Mais, si l'on s'éloigne tant soit peu de cette règle, les résultats obtenus laissent souvent à désirer, notamment sous le rapport résistance au choc.

B. Cémentation des aciers spéciaux.

1° L'emploi dans la cémentation d'un acier à 2 0/0 de nickel et renfermant moins de 0,200 0/0 de carbone donne toute sécurité. La cémentation de cet acier demande beaucoup moins de précaution que celle des aciers au carbone. La trempe a lieu à basse température, vers 750 degrés. La généralisation de l'emploi industriel de cet acier s'impose.

2° La cémentation de certains aciers au nickel permet d'obtenir par simple cémentation des produits ayant les mêmes propriétés que les aciers au carbone cémentés trempés. L'âme de ces aciers est extrêmement résistante au choc. Mais l'utilisation de ces produits est très délicate.

Elle demande des mesures extrêmement précises, une fabrication établie sur les bases les plus scientifiques.

3° Enfin l'étude de la cémentation des aciers spéciaux nous a permis de tirer au clair quelques questions d'un grand intérêt théorique, notamment celles des aciers ne prenant pas la cémentation et des aciers se cémentant à basse température.

Mais la plus nette des conclusions semble être celle-ci :

Une fabrication, quelque difficile qu'elle paraisse au premier abord, quelque compliquée qu'elle puisse sembler, doit, par des recherches scientifiques, être, sinon simplifiée, du moins légiférée.

Ce principe industriel immuable, j'aurai, prochainement, je l'espère, l'occasion d'en démontrer à nouveau l'entière et profonde vérité, en parlant des recherches que j'achève sur les aciers ternaires, et surtout sur les aciers à outils.

ÉLECTRO-AIMANTS INDUSTRIELS
A LONGUE COURSE
ET A EFFORTS VARIABLES

PAR

M. R. BÉRARD

Principe fondamental de ces appareils.

Lorsqu'une bobine de fils conducteurs, ou solénoïde, est parcourue par un courant électrique continu, ce solénoïde donne naissance à un champ magnétique dont la valeur dépend à la fois du courant générateur et du milieu dans lequel se trouve la bobine.

Ce champ magnétique est d'autant plus intense que l'intensité du courant excitateur est elle-même plus grande, et que le milieu environnant possède une meilleure conductibilité magnétique.

Supposant constante l'intensité du courant générateur continu et le solénoïde placé dans l'air, nous aurons comme point de départ une première intensité du champ. Si nous plaçons ensuite la bobine dans une enveloppe magnétique, les lignes de force extérieures au solénoïde seront condensées dans cette enveloppe, et l'intensité du champ sera notablement augmentée dans cette partie du circuit magnétique. Celui-ci se trouve alors constitué par deux portions possédant des caractères distinctifs nettement accusés. A l'intérieur de la bobine, ce circuit (ouvert en quelque sorte) doit traverser l'air qui a une très faible conductibilité magnétique ; c'est pourquoi, sur la figure 1, les lignes de force sont représentées en pointillé; dans l'enveloppe, au contraire, la résistance magnétique est réduite en raison même de la perméabilité de cette enveloppe; les lignes de force peuvent donc y être figurées en traits pleins, traduisant aux yeux la continuité de cette portion du circuit magnétique. Si l'on introduit maintenant dans l'axe du solénoïde un corps plus perméable que l'air, on va réduire progressivement la réluctance du champ *(fig. 2)*

et accroître d'autant plus son intensité, qui deviendra maximum au moment où le noyau ainsi introduit, ayant établi la communication magnétique entre les deux extrémités de l'enveloppe, aura réduit à son minimum la réluctance du circuit total.

D'autre part, l'expérience montre que si le noyau, supposé de qualité uniforme, au lieu d'être introduit à la main, est abandonné à lui-même, il est attiré vers l'extrémité opposée à celle par où il est entré ; elle montre aussi que, dans tous les cas, la résistance magnétique du circuit tend à devenir le plus faible possible. On remarque enfin que la puissance d'attraction est d'autant plus prononcée que le noyau mobile se rapproche da-

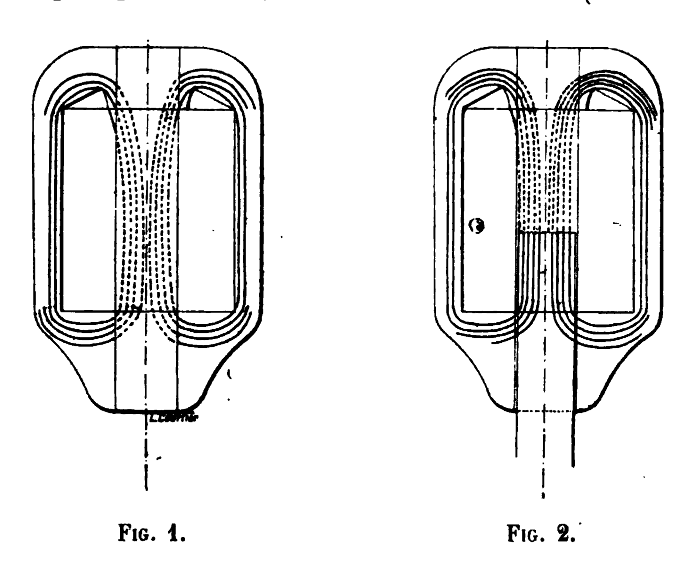


Fig. 1. Fig. 2.

vantage de la position pour laquelle le circuit magnétique va être complètement fermé.

D'une manière plus générale, on constate que, dans tout circuit magnétique comportant une portion mobile de résistance variable, cette portion mobile se déplace toujours dans une même direction, déterminée par la tendance du système à réduire au minimum la réluctance totale.

On conçoit donc qu'il soit possible de réaliser des effets d'attraction plus ou moins prononcés, plus ou moins étendus, selon que le noyau mobile aura été disposé de manière à constituer des variations de perméabilité plus ou moins brusques, réparties sur une longueur plus ou moins grande.

Tel est le principe uniforme, base de la construction des di-

vers types d'*électro-aimants industriels*, et comme nous ne disposons pas, à ma connaissance, de procédés électriques ou magnétiques réalisant le cycle inverse, c'est-à-dire l'augmentation automatique de la résistance magnétique d'un circuit, nous nous trouvons alors en présence d'appareils qui vont agir *comme le ferait le piston d'une machine à simple effet*, se déplaçant toujours dans le même sens; les variations de puissance, correspondant aux divers éléments de la course, auront été déterminées une fois pour toutes au moment de la construction, et dépendront de la répartition adoptée pour la perméabilité variable de la partie mobile.

Le mouvement de l'armature aura donc lieu toujours dans la même direction, quel que soit le sens du courant d'excitation; l'appareil n'est pas susceptible, par lui-même, de fournir un mouvement rectiligne alternatif; mais ce résultat peut être obtenu, soit par la combinaison de deux appareils similaires, disposés pour agir successivement en sens inverse l'un de l'autre, soit par la combinaison de l'un seulement de ces appareils avec un réservoir d'énergie automatique, tel que ressort, air comprimé, eau sous pression, etc. Les différents genres d'application décideront en général de la solution la plus convenable à employer dans chaque cas particulier.

En résumé, les électro-aimants industriels n'ont que peu de points communs avec les appareils de diverses catégories englobés jusqu'ici sous cette désignation d'électro-aimants, et dont le modèle le plus courant est celui qui est employé pour actionner les sonneries électriques. Comme pour ces derniers, l'attraction se produit toujours dans la même direction; comme pour eux, le mouvement inverse ne peut être réalisé que par l'emploi d'une force extérieure à l'appareil; comme pour eux, la source d'énergie est l'électricité; mais là se borne l'analogie; les électro-aimants industriels constituent, en réalité, de véritables moteurs électriques à mouvement rectiligne, susceptibles de fournir des efforts considérables, ainsi que le prouvent nettement les nouvelles applications qui en ont été faites en ces derniers temps.

Données générales de la construction.

Quelles que soient d'ailleurs ces applications, il est un certain nombre de caractères qui sont régulièrement reproduits dans tous les types d'électro-aimants industriels construits jusqu'à ce jour.

Nous y rencontrons trois parties essentielles : la carcasse, le noyau ou armature mobile et la bobine.

Carcasse *(fig. 3)*. — La carcasse, en métal magnétique (fonte ou acier dynamo), affecte la forme d'un cylindre droit, séparé en deux parties par une section longitudinale passant par l'axe du cylindre; ces deux parties sont réunies par quatre boulons; la carcasse est le plus généralement sans ouvertures latérales, ce qui permet de ranger ces électro-aimants dans la catégorie des moteurs entièrement cuirassés.

Les deux fonds présentent des épaisseurs plus considérables que celle du corps proprement dit; il en résulte des épanouissements de dimensions et de forme différentes, l'épanouissement le plus allongé correspondant au côté *départ* de l'armature.

Armature *(fig. 4)*. — En vue d'obvier aux inconvénients, graves parfois, qui résulteraient de la rémanence magnétique, cette

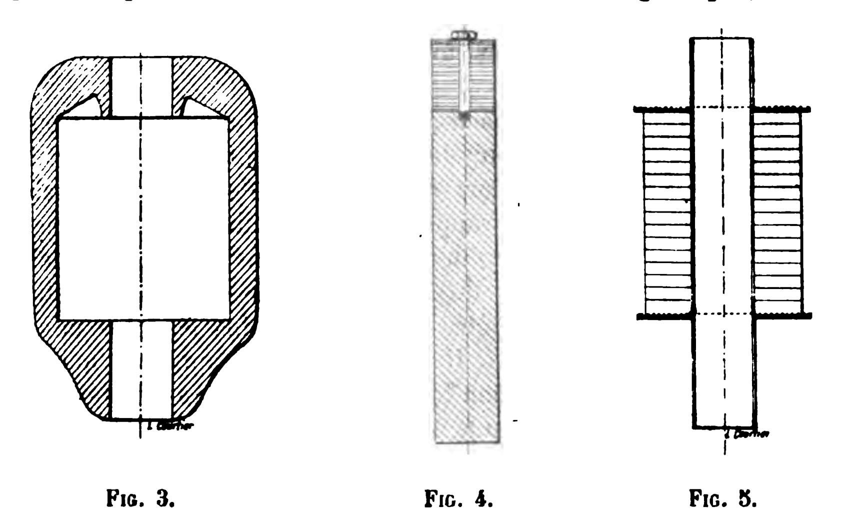


Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

armature est formée d'un cylindre de fer ou d'acier doux de qualité supérieure; elle est terminée à sa partie antérieure, soit par une portion évidée, soit par une série de rondelles alternativement magnétiques et diamagnétiques, dont la répartition, variable suivant les cas, permet le réglage de l'effort. Ce noyau constitue en quelque sorte l'âme, la portion vraiment active de l'appareil; sa construction a donné lieu, dans le principe, à des recherches multiples, dans lesquelles la théorie a été un guide

précieux. Aujourd'hui, on arrive à calculer très exactement les éléments d'une armature quelconque, grâce à certains coefficients que les très nombreuses expériences antérieures ont permis de déterminer d'une manière suffisamment précise pour les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique courante.

L'armature se déplace entre les deux épanouissements de la carcasse, qui sont alésés au diamètre voulu et lui assurent un guidage excellent. Pour que ce mouvement ait lieu facilement et sans frottements nuisibles, il faut éviter l'adhérence qui ne manquerait pas de se produire entre les épanouissements et l'armature, s'il y avait contact intime entre deux pièces, soit en acier, soit en fonte et en fer, dont l'une est fixe, tandis que l'autre doit être mobile. On a donc interposé entre le noyau et les fonds de la carcasse un tube en métal diamagnétique, du laiton le plus généralement, mais en prenant la précaution d'en réduire l'épaisseur au strict minimum, pour ne pas aggraver une réluctance qui est toujours nuisible.

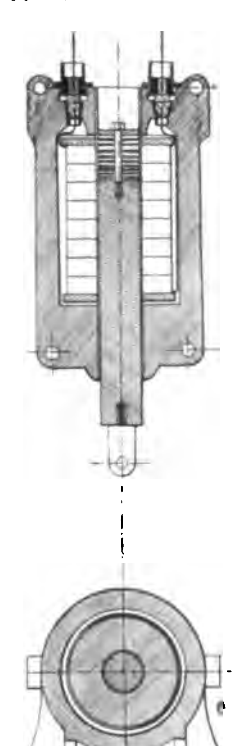


Fig. 6.

Bobine (*fig. 5*). — Le bobinage est enroulé autour de ce tube de laiton qui lui sert de support et de fixation ; deux joues latérales sont rapportées sur le tube et maintiennent l'enroulement. La bobine est la partie délicate de l'appareil ; aussi sa construction doit être l'objet des soins les plus minutieux. Il faut notamment apporter une attention toute particulière dans le choix des isolants électriques appelés à séparer le bobinage de la masse ; il ne faut pas oublier qu'on se trouve le plus souvent en présence d'effets de self-induction considérables, et, à chaque rupture du courant principal, les extra-courants déterminent des étincelles très violentes, capables de détériorer promptement tout isolement qui ne présenterait pas une résistance mécanique très grande à leur passage. Il faut encore prendre des précautions pour isoler de la masse les deux extrémités du fil de la bobine, extrémités qui traversent la carcasse autant que possible à la partie la moins

épaisse de l'épanouissement d'arrivée. C'est en ce point que sont ménagées les bornes de fixation à l'aide desquelles on établit le plus facilement la connexion entre le bobinage et le circuit extérieur (*fig. 6*).

Les figures 7, 8, 9 et 10 représentent des courbes indiquant la puissance développée par certains électro-aimants, en fonction de leur course.

L'intensité du courant d'excitation varie naturellement selon les appareils, et réciproquement la puissance d'un électro-aimant déterminé varie dans le même sens que l'intensité du

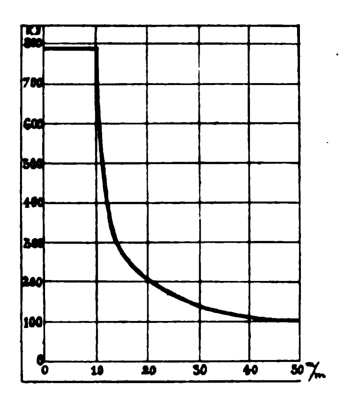


Fig. 7.

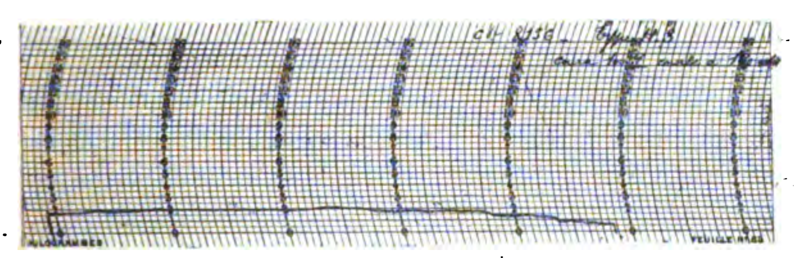


Fig. 8.

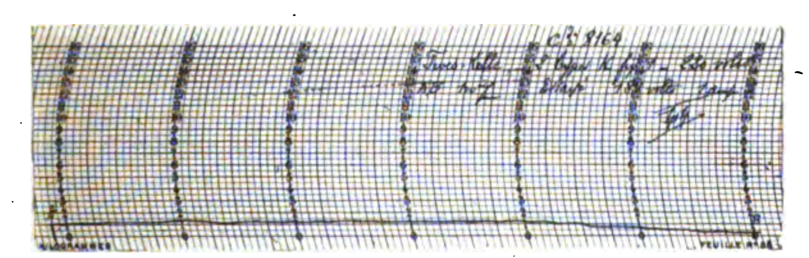


Fig. 9.

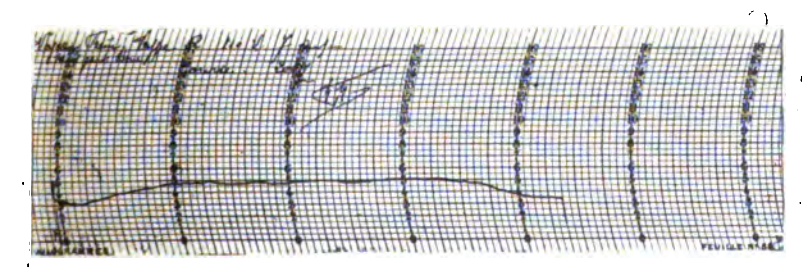


Fig. 10.

courant excitateur. Cette puissance est le produit de deux facteurs, la course et l'effort moyen que l'appareil peut fournir sur une longueur donnée. Dans les électro-aimants industriels, cette puissance augmente sensiblement lorsqu'on fait croître la course dans des limites n'excédant pas le triple de sa valeur minima prévue pour chaque type ; c'est celle qui est indiquée au tableau ci-annexé.

Dépense d'énergie.

Divers modèles ont été établis; parmi les petits il y en a dont la puissance ne dépasse pas un dixième de kilogrammètre ; on en voit où elle s'élève jusqu'à 75 kilogrammètres ; la course peut varier, dans le premier cas, de 25 à 100 mm; elle monte, dans le second, de 30 cm au minimum, jusqu'à 90 cm et même plus. Les types du modèle courant sont construits pour être intercalés sur des circuits à 110 volts ; il faut environ cinq dixièmes d'ampère pour l'électro-aimant de un dixième de kilogrammètre ; celui de 75 kilogrammètres absorbe 26 ampères. Le tableau ci-joint fournit des indications précises à ce sujet.

Le rendement varie de 5 à 75 0/0 ; il est meilleur pour les gros appareils que pour les plus petits. Enfin, il est facile de construire des électro-aimants pour des tensions autres que 110 volts; c'est une affaire de bobinage qu'il faut prévoir au moment de la construction.

Chemins de fer.
Commandes des changements de voie *(fig. 11)*.

La première application des électro-aimants industriels qui ait eu lieu sur une grande échelle est celle qui en a été faite par la Compagnie de l'Ouest en 1900 sur sa ligne des Invalides au Champ-de-Mars et sur le prolongement vers la gare de l'avenue Henri-Martin.

La Compagnie se proposait d'utiliser ces appareils pour la manœuvre à distance des changements de voie et des signaux.

Dans les grandes gares qui sont souvent pourvues de stations centrales d'électricité, il y a intérêt à concentrer dans un ou plusieurs postes la commande des divers mécanismes d'aiguillages ou de disques qui règlent la circulation sur les voies ferrées. Ce serait s'écarter du sujet de cette note que de rappeler les dispo-

Électros industriels à travail instantané.

Renseignements divers sur leur travail sous un voltage de 110 volts.

DONNÉES D'ÉTABLISSEMENT		POUR MANŒUVRES ISOLÉES AVEC COURSE ET EFFORT VARIABLES				
Travail à produire	Intensité du courant	Course minima	Effort constant ou moyen correspondant à la course	Dépense d'énergie électrique par coup	Durée du coup	Type de la cuirasse
kilogrammètres	ampères	mm	kg	joules	secondes	cylindrique
0,000008	»	2	0,004	»	»	D. 12
0,0008	»	8	0,100	»	»	D. 24
0,050	»	17	3,0	»	»	D. 45
0,075	»	25	3,0	»	»	AM
						Ouvertes
0,1	0,45	25	4,0	25	0,5	A
0,2	0,65	25	8,0	40	0,5	B
0,3	0,75	30	10,0	60	0,7	C
0,4	1,0	40	10,0	80	0,7	D
						Fermées
0,5	1,5	50	10,0	100	0,6	E
0,75	2,0	60	12,5	150	0,6	F
1,0	2,5	80	12,5	160	0,5	G
1,5	3,0	90	16,6	225	0,6	H
2,0	3,5	100	20,0	300	0,7	K
3,5	4,5	100	35,0	500	1,0	L
5,0	6,5	100	50,0	750	1,0	M
8,0	8,0	150	53,3	960	1,0	N
12,0	10,5	150	80,0	1 300	1,1	O
18,0	12,0	150	120,0	1 800	1,3	P
24,0	14,0	150	160,0	2 400	1,5	R
30,0	16,0	200	150,0	3 000	1,7	S
40,0	20,0	250	160,0	4 000	1,8	T
75,0	26,0	300	250,0	7 500	2,6	U
100,0	30,0	400	250,0	10 000	3,0	V
150,0	35,0	400	375,0	15 000	3,9	X

sitions mécaniques (transmissions funiculaires ou par tringles et leviers), qui sont le plus généralement adoptées aujourd'hui pour effectuer ces commandes à distance; elles donnent lieu à des dépenses de premier établissement assez élevées, et dans certains cas nécessitent des efforts considérables de la part des hommes préposés à la manœuvre. Dans ces conditions, il était tout naturel de songer à l'emploi de l'électricité pour transporter à pied d'œuvre l'effort nécessaire au déplacement de l'appareil; et parmi les divers systèmes proposés, les électro-aimants industriels paraissent présenter un certain nombre d'avantages, de

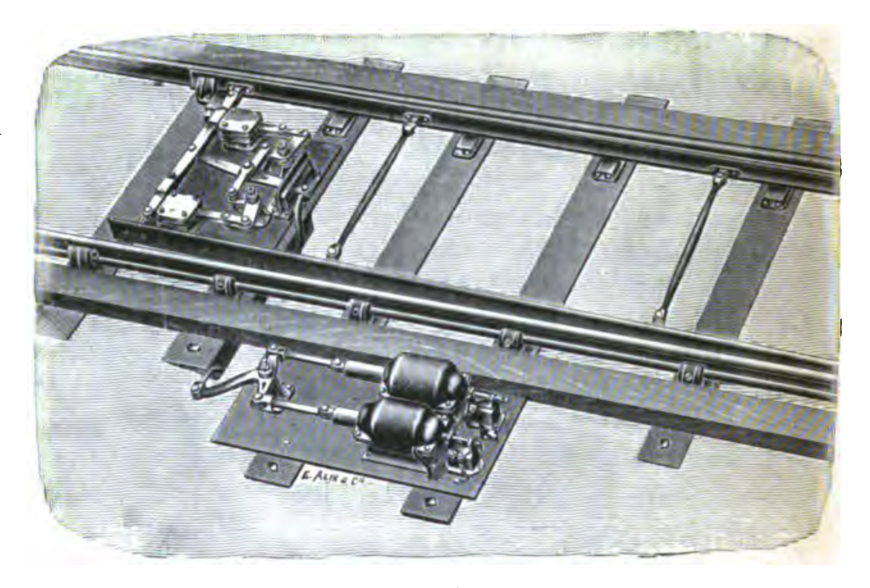


Fig. 11.

simplicité et de robustesse notamment, qui n'ont pas manqué de frapper dès l'origine les ingénieurs de la Compagnie de l'Ouest.

Après quelques essais préliminaires effectués dans l'automne de 1899, il fut décidé que les sections de ligne précitées seraient équipées au moyen de deux groupes de deux électro-aimants agissant successivement pour déplacer le changement de voie dans un sens ou dans l'autre; la commande des appareils devait être assurée par trois interrupteurs : les deux premiers montés sur le socle des électro-aimants sont automatiques; le troisième, placé au poste central, est manœuvré à la main; il est enclanché avec les leviers des signaux voisins, et il lance le courant dans l'électro par l'intermédiaire d'un circuit complet qui relie cet appa-

reil au poste de commande. Au moment où la manœuvre va être terminée, l'armature mobile, arrivant à bout de course, coupe le circuit d'excitation en ouvrant l'interrupteur automatique placé de son côté.

Les deux noyaux étant conjugués, ce même mouvement est immédiatement transmis au second interrupteur local, dont la fermeture est ainsi assurée dès le début du déplacement de son armature. De cette manière, le second électro-aimant se trouve remis en condition, prêt à produire le mouvement inverse, dès que l'on agira dans le sens voulu sur la commande du levier du poste central. En définitive, les deux interrupteurs locaux sont presque continuellement fermés, et l'un d'eux ne peut être ouvert qu'au moment précis où son armature arrive à bout de course. Cette combinaison de mouvement présente l'avantage de réaliser deux conditions importantes du fonctionnement de ces appareils :

1° Si le levier du poste central demeure dans la position correspondant à la fermeture du circuit, et si, pour une cause fortuite, l'aiguillage est amené dans une position intermédiaire, le courant d'excitation tendra toujours à ramener l'aiguillage dans sa position antérieure, celle qu'elle doit occuper normalement;

2° L'on est assuré de pouvoir toujours ramener l'aiguille dans l'une quelconque de ses deux positions extrêmes, quelle que soit d'ailleurs la position intermédiaire où elle ait été amenée accidentellement durant une interruption momentanée du courant d'excitation.

Enfin, ce dispositif permet de réaliser le maximum d'économie de courant, ce qui a toujours été une des grosses préoccupations des ingénieurs chargés de procéder à ces installations.

Des expériences furent faites à la gare des Batignolles, dès la fin de l'année 1899, et, lorsque l'un des appareils eut subi l'épreuve assez concluante de plus de cent mille manœuvres, un certain nombre d'aiguillages de ce système furent mis en service au printemps de 1900.

Signaux (*fig. 12*). — En ce qui concerne les signaux de voie, le problème fut plus long à résoudre. Le dispositif primitivement adopté reposait sur un mode de fonctionnement absolument identique à celui qui vient d'être exposé pour les aiguilles :

Groupe de deux électro-aimants conjugués agissant alternativement dans un sens ou dans l'autre;

Commande du poste central par un interrupteur enclanché, fermant le circuit de l'électro-aimant;

Interruption automatique du courant d'excitation, produite par le noyau mobile arrivant à fin de course, et manœuvrant l'interrupteur accolé à l'appareil considéré.

Mais il est à remarquer qu'en cas de suppression momentanée du courant d'excitation le signal restera forcément dans la po-

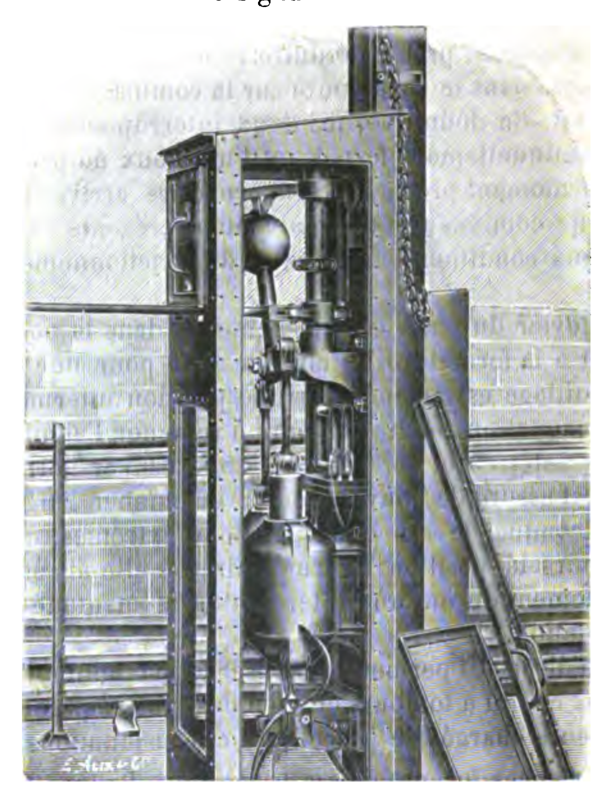


FIG. 12.

sition qu'il occupait antérieurement. Il n'y aurait pas grand mal s'il se trouvait alors dans la position de *voie fermée*; l'inconvénient le plus grave consisterait en un arrêt momentané dans la circulation des trains. Mais le danger serait autrement sérieux si le signal était immobilisé dans la position inverse de *voie ouverte*, et l'on se rend aisément compte des dangers de toute nature auxquels on se trouverait ainsi exposé, surtout sur des lignes où le trafic atteint une grande intensité. Il fallait donc remédier à ce défaut de principe, et adopter un système différent, assurant de

toutes manières le retour automatique du sémaphore à la position de *voie fermée*, toutes les fois que surviendrait une interruption quelconque dans la transmission du courant électrique. On fut ainsi conduit à étudier des systèmes dans lesquels le signal se trouve maintenu dans la position de *voie ouverte* grâce à la permanence du courant électrique, tandis que c'est un contrepoids qui assure son retour automatique à la position contraire. On retombe alors dans l'inconvénient que les ingénieurs de la Compagnie avaient voulu éviter : consommation permanente du courant qui, si faible que soit l'intensité nécessaire, n'en constitue pas moins, au bout de la journée, une dépense relativement considérable, principalement sur les lignes à grand trafic, où la position de *voie ouverte* est maintenue presque aussi longtemps que celle de *voie fermée*. Dans ce cas, la dépense est de 0,24 kilowat-heure par jour.

Tel est le motif pour lequel on s'est arrêté à un système mixte, faisant deux classes parmi les signaux de voie :

1° Ceux qui restent sous les yeux du chef de poste et qui demeurent équipés avec le dispositif primitivement prévu;

2° Ceux qui sont hors de vue du poste, ou manœuvrés automatiquement lors du passage d'un train, et dont il est indispensable d'assurer le retour automatique à la position de *voie fermée*. Ce résultat est obtenu de la manière suivante : pour mettre le signal à *voie ouverte*, l'électro-aimant soulève un contrepoids et entraîne un treuil dont la dernière roue est freinée dès que l'armature arrive à fin de course. Le courant d'excitation est alors coupé automatiquement dans l'électro-aimant principal, tandis qu'un électro-aimant minuscule demeure dans le circuit et fait office de frein du treuil. Le courant vient-il à manquer pour une cause quelconque, le treuil n'est plus freiné, le contrepoids agit et ramène le sémaphore dans la position voulue.

C'est dans ces conditions que la Compagnie de l'Ouest a terminé les installations de la ligne des Invalides jusqu'à la gare de Courcelles-Levallois, et tous les signaux ou changements de voie de cette section sont manœuvrés électriquement depuis un certain temps déjà.

Puissance et dépense d'énergie.

Les électro-aimants employés pour ces manœuvres appartiennent à plusieurs modèles, dont la puissance varie de 30 kg × 0,08 m à 350 kg × 0,13 m, ces derniers absorbant une intensité de 16 ampères sous 140 volts. La dépense d'énergie n'est donc pas très considérable, puisque la durée du mouvement n'atteint pas une demi-seconde. En ce qui concerne la valeur de l'intensité, quelques ingénieurs la trouveront trop élevée, surtout par comparaison avec l'intensité beaucoup plus faible absorbée par les moteurs relatifs, qui sont parfois employés pour les manœuvres. Mais une trop grande réduction de l'intensité peut être considérée comme une source d'inconvénients, provenant de la facilité relative avec laquelle se produiraient alors des manœuvres intempestives occasionnées par quelque défaut d'isolement et dues à la dérivation accidentelle qui en peut être la conséquence.

Les appareils employés par la Compagnie de l'Ouest ne sont pas les seules applications d'électro-aimants industriels qui aient été faites par les Chemins de fer français. La Compagnie d'Orléans en a mis plusieurs à l'essai; de même, la Compagnie du Nord a fait étudier, sous la direction de M. E. Sartiaux, Chef des services électriques, un système de manœuvre susceptible de pouvoir s'adapter à la plupart des sémaphores existants, et assurant d'ailleurs le retour automatique à la *voie fermée*, considéré comme une mesure de sécurité de première importance. Cet appareil est actuellement en cours d'essais. De leur côté, les constructeurs ont étudié, depuis longtemps déjà, un dispositif de commande de changement de voie et de sémaphore des plus simples.

La transmission de mouvement est réalisée par un système crémaillère-roue dentée, celle-ci décrivant un arc de 200 degrés environ pour chaque course de l'électro-aimant moteur.

Ce mouvement est transmis à l'organe qu'il faut manœuvrer au moyen d'une bielle articulée sur la roue, et le verrouillage se trouve assuré à chaque extrémité de course par ce fait que, le bouton de la manivelle fictive ayant dépassé de quelques degrés le point mort correspondant, tout effort sur la bielle pour la ramener en arrière ne fera que coincer davantage l'aiguille ou le signal dans la position qu'ils doivent occuper. Et le mouvement

inverse ne pourra se produire qu'à la condition d'agir sur la crémaillère elle-même. Les conditions électriques du fonctionnement sont sensiblement les mêmes que celles signalées plus haut pour les appareils de la Compagnie de l'Ouest.

Quel que soit le mécanisme employé, il existe deux moyens de produire l'excitation des électro-aimants de manœuvre : le premier consiste à faire passer par le poste central le circuit de chaque électro, et à rétablir ou à rompre directement la communication électrique; c'est ce dispositif qui a été appliqué par la Compagnie de l'Ouest.

Un second procédé consiste à utiliser des électro-relais qui commandent alors les interrupteurs locaux de chaque appareil principal; on évite ainsi d'avoir à élonger un grand nombre de conducteurs dispendieux, car ceux qui formeraient le circuit des électro-relais sont de section fort réduite.

D'autre part, les diverses installations des grandes gares comportent aujourd'hui deux systèmes d'asservissement principaux pour la commande des aiguilles et signaux. L'expérience faite à la gare des Invalides montre que les électro-aimants industriels s'adaptent aisément aux diverses conditions que réclament les tables d'enclenchement.

Freins pour tramways.

Les constructeurs ont pensé qu'il leur serait possible d'utiliser certains types d'électro-aimants industriels pour la commande des mécanismes de freinage sur les voitures de tramways ou chemins de fer électriques. Il n'existait pas, que je sache, antérieurement aux récentes applications qu'ils en ont faites, de modèles de freins électriques susceptibles d'être appliqués à la commande des sabots, qui sont universellement employés pour freiner les véhicules équipés jusqu'à ce jour, soit avec le simple frein à main, soit avec des cylindres fonctionnant par le vide ou par l'air comprimé.

Ces applications des électro-aimants comme freins électriques peuvent se ranger en deux classes bien distinctes, caractérisées par le mode de leur fonctionnement, et surtout par le moment où l'énergie électrique entre en jeu.

Il existe en effet deux manières de procéder :

1° On peut d'abord employer directement cette énergie élec-

trique, en l'appliquant à la commande de la timonerie, au moment même où le courant est fourni par la source choisie;

2° Le second moyen consiste, au contraire, à utiliser cette énergie à un moment toujours franchement antérieur à l'arrêt; on prépare ainsi le fonctionnement du frein proprement dit, en agissant préalablement sur un réservoir d'énergie quelconque, tel que ressort, air comprimé, etc. On utilisera de la sorte un mécanisme susceptible de freiner en tout temps et indépendamment du courant électrique qui, dans certains cas, parait ne pas présenter toutes les garanties de sécurité exigées pour la commande d'un organe aussi essentiel.

Les électro-aimants industriels à longue course se prêtent également bien à la commande des freins des deux catégories.

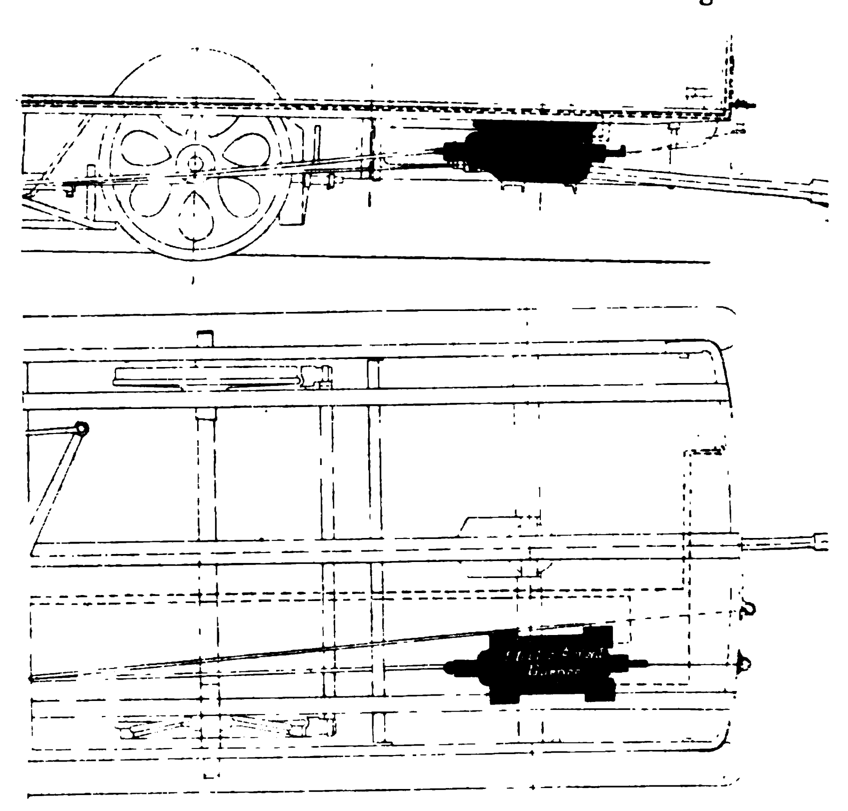


Fig. 13.

I. Freins directs *(fig. 13)*. — Ceux de la première classe, les plus simples à mon avis, ont été appliqués depuis bientôt trois ans sur une grande partie des voitures du réseau de Marseille, dans des

conditions de simplicité tout à fait remarquables. L'électro-aimant est installé sous le plancher de la voiture, de telle manière que son noyau mobile vienne se placer à la partie antérieure de la tige rigide qui constitue la timonerie du frein à main. Celle-ci a pu être conservée intégralement sauf cette légère modification, et la présence de l'appareil électrique n'apporte aucune gêne à la manœuvre du frein à main qui continue à être utilisé aussi facilement que par le passé. La course de l'armature est de 20 cm, et comme le rapport de celle-ci au déplacement des sabots est de 1 à 9, il s'ensuit que le mécanisme n'a besoin d'un nouveau réglage qu'au moment où l'usure des sabots atteint une valeur de 8 mm.

Dans cette première application, le courant nécessaire à l'excitation de l'électro-frein a toujours été emprunté au moteur de la voiture motrice, agissant alors comme génératrice du courant. On réalisait ainsi la récupération de la force vive du véhicule, qui était immédiatement employée pour provoquer l'arrêt. Mais cette disposition, si séduisante au premier abord, a pu occasionner des inconvénients imprévus, en raison de l'échauffement des moteurs, à cause des freins Sperry montés sur la voiture motrice et dont le bobinage est en série avec celui de l'électro-aimant à longue course. Pour ce motif, inhérent à ce cas particulier, on a donc été amené à n'utiliser le freinage électrique que comme frein de sécurité. Il n'est pas douteux qu'il donnerait les mêmes bons résultats en fonctionnement normal et continu; c'est d'ailleurs ce qui se passe pour les voitures motrices du réseau de Tunis qui en ont été pourvues dans le courant de l'année 1902.

Il existe d'ailleurs au moins deux moyens de pallier ou même d'éviter complètement cet inconvénient dû à l'échauffement des moteurs.

Le premier consiste à réduire dans de fortes proportions l'intensité maxima du courant d'excitation des électro-aimants.

Pour des raisons particulières et totalement indépendantes des nouveaux appareils, cette intensité maxima avait été fixée à 120 ampères pour les voitures du réseau de Marseille. Rien ne serait plus facile que de la réduire à 20 ampères, pour une installation où les électro-aimants seraient employés comme seuls engins de freinage électrique. On apporterait ainsi une très notable diminution à cette cause d'échauffement supplémentaire.

Le second moyen consisterait à emprunter normalement à la ligne le courant nécessaire à l'excitation des électro-aimants, et

à ne faire appel que tout à fait exceptionnellement à la source d'énergie constituée par le moteur de la voiture automotrice. Ce cas se présenterait quand, pour une cause accidentelle quelconque, le courant de ligne viendrait à manquer au moment du freinage; il suffirait alors d'interposer sur la canalisation de prise de courant de l'électro-aimant un commutateur automatique qui, maintenant la communication avec la ligne en temps ordinaire, l'établirait instantanément et spontanément avec le moteur en cas de rupture du circuit normal.

Les électro-aimants industriels étant exempts de toute rémanence magnétique, la question se pose de savoir comment réaliser la permanence du freinage en cas d'arrêt sur une pente. Le premier moyen et le plus simple, c'est que le mécanicien serre immédiatement son frein à main; la chose est d'autant plus facile qu'en agissant dès le début du freinage, il n'aura qu'à enrouler le mou de la chaîne de la timonerie. Un second moyen consiste à maintenir mécaniquement une partie quelconque de la timonerie dans la position extrême où l'aura amenée l'attraction de l'électro-aimant.

Enfin, dans le cas où l'énergie électrique est empruntée au courant de ligne, on peut prévoir que l'armature demeurera maintenue dans sa position d'arrivée par un courant de très faible intensité (2 ou 3 ampères au maximum) qui suffira largement pour conserver l'adhérence des sabots sur les jantes.

Quel que soit le système adopté à ce point de vue, il est bien évident que ce type de freins électriques peut être aisément rendu progressif au moment du freinage. La puissance de l'engin variant dans le même sens que l'intensité de son courant d'excitation, il suffit d'intercaler entre la source d'énergie et son point d'application une série de résistances qui permettront de graduer la puissance du freinage et la progressivité de l'arrêt.

II. Freinage indirect. — Divers modèles de freins de la seconde catégorie ont été étudiés en ces derniers temps.

Voici le mode de fonctionnement du dernier modèle adopté.

Le mécanisme prend son point d'appui sur l'essieu auquel il est fixé par un collier; une boite en fonte sert de support à un arbre qui est perpendiculaire à cet essieu, et se termine par un pas de vis dont l'écrou est fixé au palonnier et ne peut tourner. Par conséquent, tout mouvement de rotation de l'arbre et de sa vis aura pour effet d'augmenter ou de diminuer l'écartement

entre le palonnier et l'essieu, suivant le sens de la rotation, et par suite d'écarter ou de rapprocher les sabots des jantes.

Le premier mouvement (écartement des sabots en défreinage), est obtenu par la mise en marche d'un électro-aimant, dont l'armature agit par l'intermédiaire d'une biellette sur une manivelle entraînant l'arbre de la vis.

Le second mouvement est dû à un ressort multiple, circulaire, enroulé autour de l'arbre, qui est bandé au moment de l'attraction de l'armature mobile ; il est maintenu dans cette position par deux cames excentrées qui empêchent tout mouvement en sens inverse tant qu'elles ne sont pas mécaniquement écartées de l'arbre qu'elles coincent toujours fortement.

Pour éviter l'emploi d'un appareil électrique trop puissant, le mécanisme a été complété par un dispositif dit « à rattrapage d'usure » des sabots; celui-ci est constitué par un second groupe de deux cames analogues aux précédentes et destinées à établir la liaison entre la manivelle et l'arbre de la vis. Cette liaison est réalisée jusqu'au moment où l'armature mobile franchit un point déterminé de son mouvement et n'est rétablie que quand le levier repasse par ce point et, par suite, l'écartement entre les sabots et la jante ne dépasse jamais une certaine valeur, fixée à l'avance; au contraire, la course de l'électro-aimant est ménagée suffisamment longue dans le sens opposé pour que, sous l'effort des ressorts, les sabots puissent toujours venir au contact intime de la jante.

Le frein peut être actionné directement à la main au moyen d'une tringle, ou électriquement au moyen d'un petit électro-aimant, quand il s'agit d'un train de plusieurs voitures à freiner simultanément.

Le courant d'excitation de l'électro-aimant principal est toujours emprunté au courant de ligne ; et au départ, c'est-à-dire à un moment où l'on est sûr de son emploi, il n'en résulte aucune dépense d'énergie électrique. Cette dépense existerait évidemment si le circuit de cet électro formait une dérivation particulière du courant principal ; mais on peut l'éviter en intercalant ce bobinage à la place de l'une ou de plusieurs des résistances de démarrage qui sont nécessaires et sont toujours utilisées au moment de la mise en marche du moteur. On a même l'avantage de réaliser ainsi une liaison absolument certaine entre le défreinage et le démarrage, et l'on écarte, par là même, toute cause d'avarie du moteur qui pourrait provenir d'une mise en marche

prématuree avant le desserrage des freins, avarie relativement fréquente lorsque le service comporte des démarrages en côte.

En résumé, la dépense d'excitation des freins du second modèle est absolument comparable à celle du premier type. Mais il n'est pas douteux que les dépenses d'entretien du mécanisme lui-même ne soient plus réduites dans le premier que dans le second système qui est plus compliqué. Par contre, celui-ci présente l'avantage d'un mécanisme de frein placé à l'abri des conséquences pouvant résulter d'une interruption momentanée du courant électrique. Le choix qu'il conviendra de faire entre les deux types d'appareils dépendra donc des conditions d'exploitation qui seront imposées aux diverses Compagnies par leurs cahiers des charges, et par le service du contrôle et surtout par le degré de sécurité que l'on veut obtenir.

Applications diverses *(fig. 14).*

En dehors des applications qui peuvent en être faites par les grandes entreprises de transport en commun, les *électro-aimants*

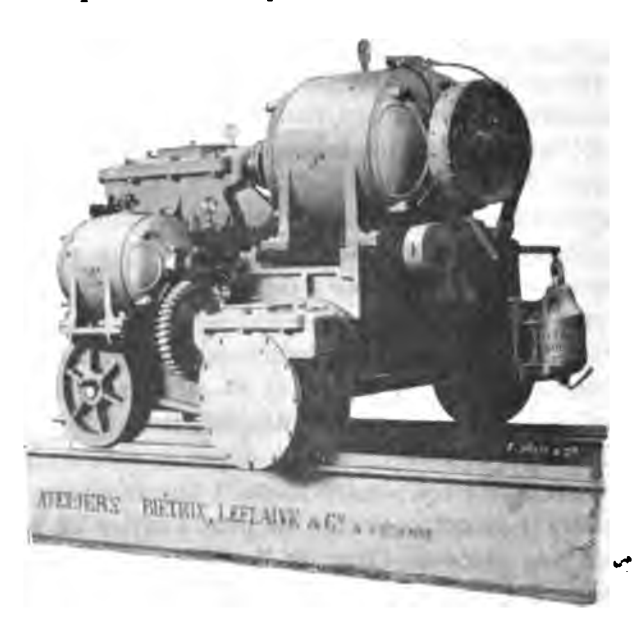


Fig. 14.

industriels sont susceptibles d'un certain nombre d'emplois dans les diverses branches de l'industrie moderne. Je pourrais citer,

entre autres, les manœuvres par embrayage magnétique, les commandes à distance d'interrupteurs et de soupapes, les manœuvres de freins pour treuils électriques, de découpoirs, de machines à estamper, les dispositifs de sécurité pour machine d'extraction, employés par les mines de Bruay, etc.

Toutes ces applications ont reçu, depuis quelque temps déjà, la consécration d'une pratique plus ou moins longue, mais je les crois moins intéressantes que deux autres adaptations, toutes récentes, qui méritent quelques explications succinctes.

Marteaux-pilons *(fig. 15).*

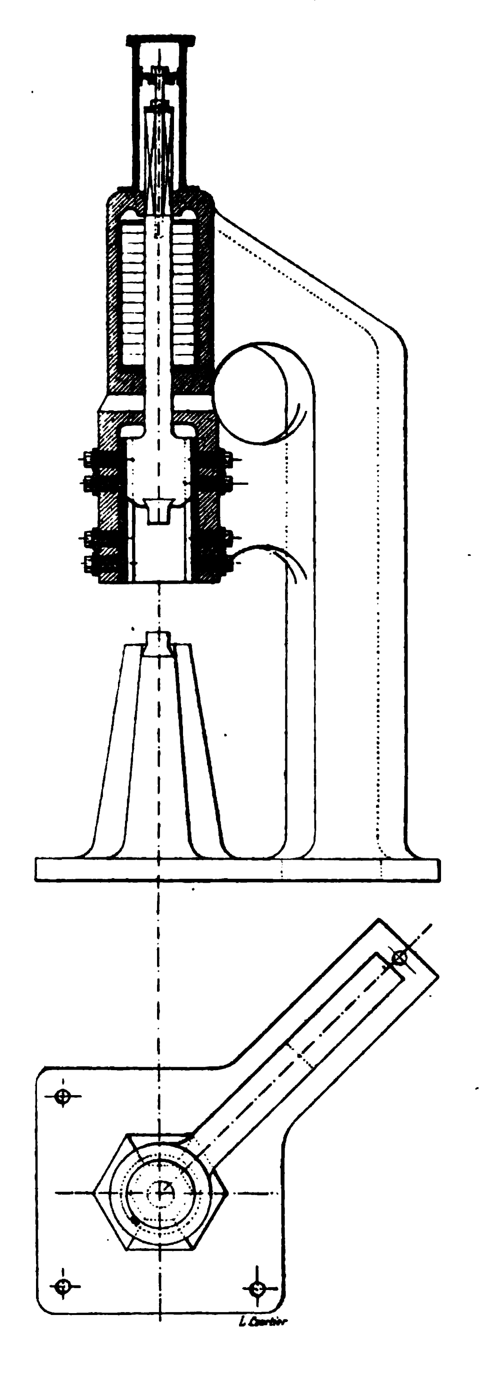
En premier lieu, il est parfaitement possible de faire manœuvrer des marteaux-pilons au moyen d'électro-aimants. Le mode de construction demeure toujours le même, et absolument conforme aux données générales décrites précédemment. La seule modification importante, c'est que la masse frappante est rapportée et clavetée sur l'extrémité pleine de l'armature mobile. Le bobinage est établi dans des conditions qui s'écartent beaucoup de celles adoptées pour les types d'électro-aimants ordinaires, car il faut obtenir un rendement assez élevé.

L'armature peut être maintenue à l'extrémité haute de sa course par un système de deux cames excentrées manœuvrées à la main à l'aide du levier qui sert à faire toutes les commandes de l'appareil. Le courant d'excitation est coupé automatiquement lorsque l'armature arrive à bout de course ; celle-ci est d'ailleurs réglable à volonté, de manière à rendre disponible une hauteur de chute plus ou moins grande.

L'attraction magnétique soulève la masse ; celle-ci, en retombant par son poids et sous l'action d'un ressort, produit le travail demandé. Le mécanisme de sustentation, très simple et très robuste en même temps, permet d'ailleurs de l'arrêter en un point quelconque de sa chute. Pour les appareils de grande puissance, on réduit l'encombrement de l'ensemble en faisant projeter la masse frappante sur l'enclume au moyen d'un piston à air comprimé ou d'un ressort qui serait comprimé à chaque ascension de l'armature. On récupérerait alors pendant la chute ainsi accélérée, la puissance absorbée dans le mouvement antérieur. Divers modèles ont été étudiés, depuis celui de 50 kg de masse frappante et 40 cm de chute, jusqu'à celui de 3 000 kg et 2,20 m de chute.

Fig. 15.

MARTEAU PILON ÉLECTRIQUE



Perforatrice *(fig. 16)*.

La dernière venue, la plus importante peut-être parmi les applications des électro-aimants industriels, c'est la perforatrice électrique, et nous pouvons aujourd'hui la considérer comme pratiquement réalisée, depuis que l'on est parvenu à faire marcher l'une de ces machines régulièrement à la vitesse fort respectable de 420 coups par minute. Mais il a fallu trois ans de persévérants efforts pour obtenir ce résultat. Et, maintenant que le problème paraît heureusement résolu, il est assez malaisé de préciser les caractères distinctifs qui particularisent cette nouvelle application : au point de vue purement magnétique, la construction ne présente aucune différence de principe et demeure absolument conforme à celle des autres électro-aimants. Cependant le bobinage est établi sur des bases différentes, en vue de l'augmentation du rendement ; de plus, on a ménagé, en son milieu, un serpentin dans lequel circule un courant d'eau sans cesse renouvelée pour effectuer le refroidissement de la masse de cuivre. Une petite pompe, actionnée par le mouvement de l'armature arrivant en fin de course, assure cette circulation.

La perforatrice actuelle est constituée par un électro-aimant qui bande un ressort : celui-ci projette l'armature porte-outil dès que le courant d'excitation se trouve interrompu.

Si les tentatives sont demeurées si longtemps infructueuses, c'est que les constructeurs ont étudié les diverses solutions possibles :

1° Deux électro-aimants agissant alternativement ;

2° Ressort de rappel avec électro-aimant pour lancer l'outil ;

3° Un seul électro-aimant avec ressort pour projeter.

C'est la troisième solution qui donne actuellement les meilleurs résultats; mais la plus grosse difficulté à surmonter résidait dans la réalisation d'un interrupteur pratique, coupant brusquement les énormes étincelles qui se reproduisent à intervalles si précipités, et ne tardent pas à mettre hors de service tout ce qui en approche.

L'interrupteur simple est d'un emploi impossible ; il laisse subsister une perte de chaleur qui est considérable ; il est nécessaire d'y adjoindre un appareil qui permette de l'annuler en majeure partie.

Fig. 16.

PERFORATRICE de 5 et 3 CHEVAUX SUR AFFUT A CHARIOT

Fig. 16 *bis*.

PERFORATRICE DE 8 CHEVAUX SUR AFFUT A CHARIOT

On avait d'ailleurs cru bien faire en rendant l'interrupteur solidaire du mouvement de l'armature, et l'on pensait obtenir ainsi les résultats les plus favorables. L'expérience a fait abandonner cette disposition, assez rationnelle cependant; et la solution actuelle consiste à séparer complétement l'interrupteur qui demeure la partie relativement délicate de la machine.

Il existe actuellement trois types de ces perforatrices électriques, ne différant entre elles que par la puissance et la quantité d'énergie nécessaire à les alimenter. Les résultats obtenus à pied d'œuvre font encore défaut; mais j'ai l'intime conviction que les industriels qui essaieront ces machines ne tarderont pas à être récompensés de leur initiative et des difficultés de mise au point qu'il est prudent d'escompter au début de toute application nouvelle.

POMPE CENTRIFUGE A HAUTE PRESSION

SYSTÈME DE LAVAL

PAR

M. K. SOSNOWSKI

L'appareil qui fait l'objet de la présente note est une pompe centrifuge à roue unique et à haute pression, c'est-à-dire pouvant fournir des hauteurs d'élévation de 100 m et au-dessus.

Déjà, en 1895, nous avions examiné une application des turbines de Laval à la conduite des pompes centrifuges à grande vitesse.

Il s'agissait alors des pompes centrifuges entraînées par les turbines, par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse, comme



Fig. 1. — Turbine-pompe simple.

cela se fait couramment pour la commande des dynamos, ventilateurs, ou poulies actionnant des transmissions. Un petit groupe élévatoire composé d'une turbine à vapeur de Laval de 5 ch effectifs et d'une pompe centrifuge, à la vitesse de 3000 tours, pouvait élever à 25 m.

Une turbine-pompe d'une trentaine de chevaux du même type, pouvait élever, à la vitesse de 2 200 tours, à la hauteur de 30 m

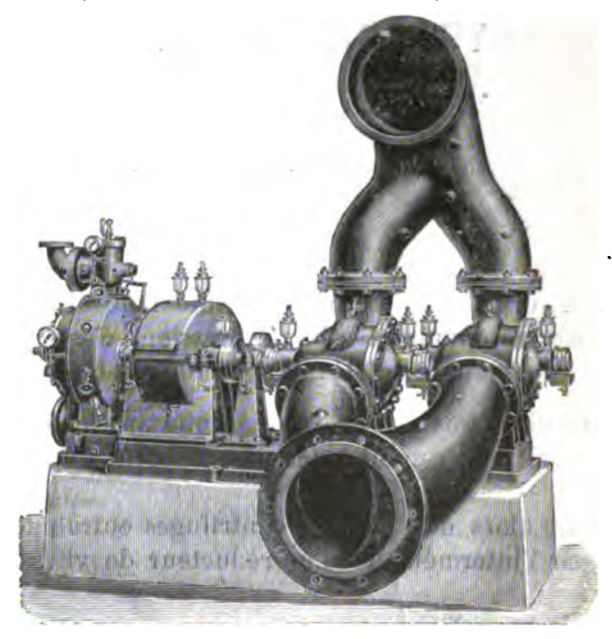


Fig. 2. — Turbine-pompe conjuguée en parallèle.

et une turbine-pompe de 150 ch, à la vitesse de 1 000 tours, à la hauteur de 40 m (voir les *fig.* 1 et 2).

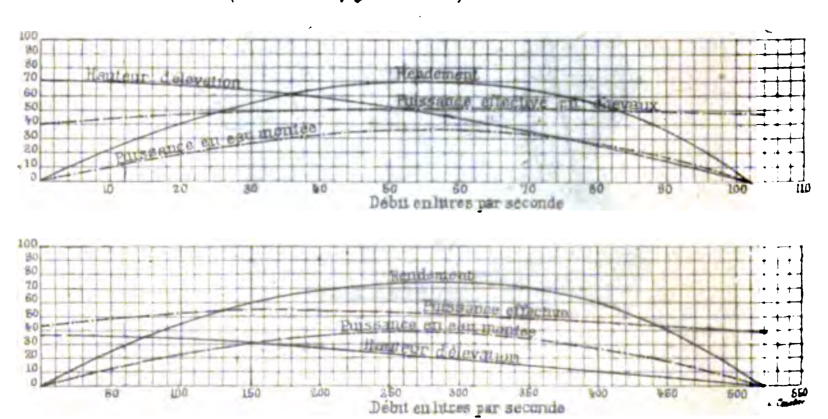


Fig. 3 et 4. — Courbes de rendement d'une turbine-pompe en fonction de son débit et de sa hauteur d'élévation.

Le rendement de ces appareils était relativement élevé, comme l'indiquent les courbes ci-jointes. Il atteint, en effet, et dépasse

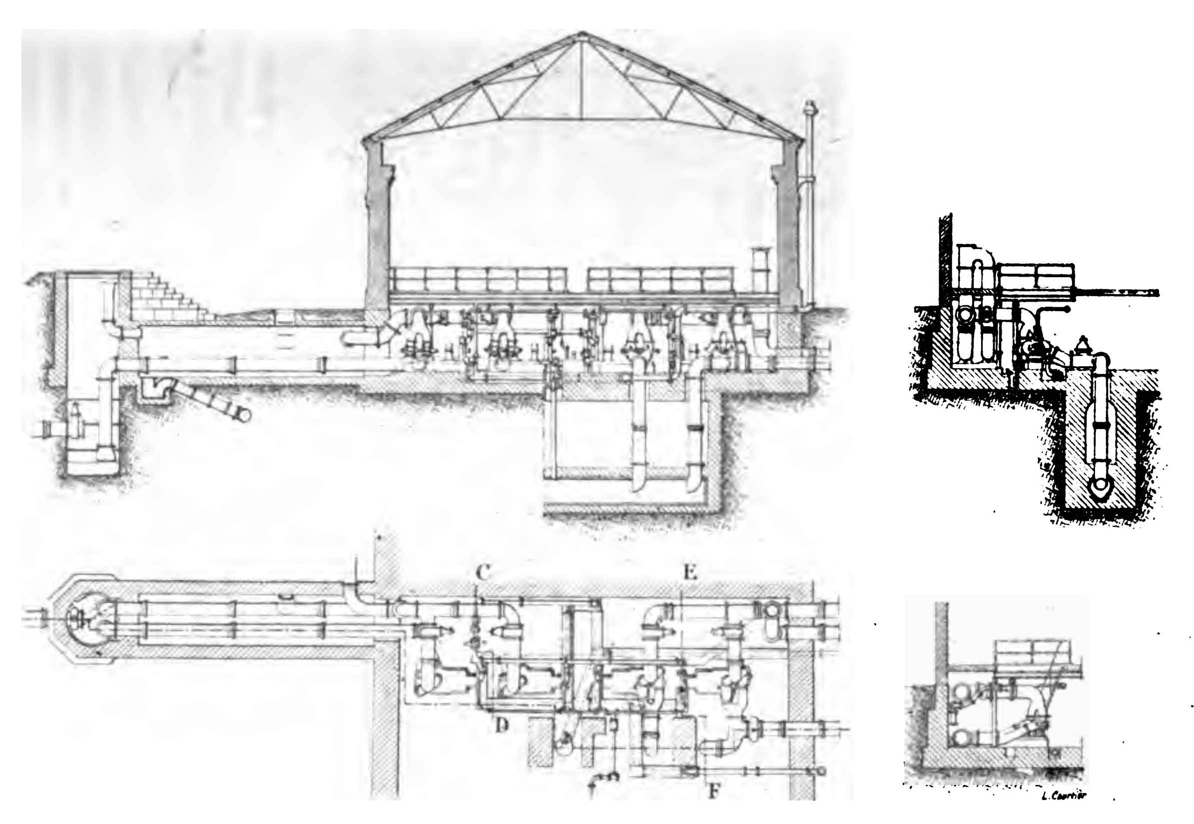


FIG. 5. — Usine élévatoire des eaux de *Gothembourg*, comportant uniquement des turbines-pompes.

même 70 0/0, tout en se maintenant au-dessus de 60 0/0 pour les débits variant dans d'assez grandes proportions. Pour une pompe, par exemple, dont le rendement maximum correspond au débit de 60 l par seconde, on peut faire varier ce débit de 40 à 80 l par seconde, sans que le rendement descende au-dessous de 60 0/0 (*fig. 3* et *4*).

Pour une pompe de 450 l par seconde, le débit peut être varié entre 300 et 550 sans que le rendement soit inférieur à 60 0/0.

C'est la preuve que, contrairement aux idées généralement admises, on peut faire varier le débit des pompes centrifuges dans d'assez larges proportions sans que le rendement en soit beaucoup affecté.

Quant à la consommation, avec des pressions convenables, la vapeur surchauffée et un bon vide, on peut ne pas dépasser 8,5 à 9 kg de vapeur par cheval-heure en eau montée, ce qui est comparable à la consommation des meilleurs groupes élévatoires à piston.

De très nombreuses installations de ces pompes ont confirmé les espérances qu'on avait fondées sur elles.

Sur plus de 700 appareils, nous ne citerons que l'usine élévatoire d'eau de Gothembourg, où tout le service est assuré depuis 1897 uniquement par des turbines-pompes (*fig. 5*).

Les frais annuels d'entretien n'ont pas atteint 1 0/0 du prix du matériel.

A la Compagnie générale des Eaux, à Neuilly-sur-Marne, une turbine-pompe de Laval, du type de celle représentée sur la figure 2, peut élever 3 500 m³ d'eau à l'heure.

Les élévations de 30 à 40 m, pour une pompe à roue unique, étaient déjà un progrès sensible, car on a cru pendant longtemps que les pompes centrifuges ne se prêtaient qu'à de faibles hauteurs d'élévation, 15 à 30 m, sans être conjuguées.

Les recherches de ces dernières années ont démontré combien peu fondées étaient ces opinions. Les pompes centrifuges sont en effet, aussi bien susceptibles de produire de très fortes pressions, avec un bon rendement mécanique, qu'elles jouissent d'une grande élasticité au point de vue du débit.

Les essais des *pompes de Laval à haute pression* datent du commencement de 1899, bien que les applications industrielles soient plus récentes.

Ces hautes pressions, et par là nous entendons, comme nous l'avons déjà dit, des hauteurs d'élévation de 100 m et au-dessus, s'obtiennent par les grandes vitesses. On peut admettre, d'une façon générale, que la hauteur d'élévation est d'autant plus grande que le nombre de tours d'une pompe centrifuge est plus élevé.

Ce sont les turbines à vapeur, et plus particulièrement les turbines de Laval, qui fournissent les vitesses les plus élevées.

Il était, par conséquent, tout indiqué pour les grandes éléva-

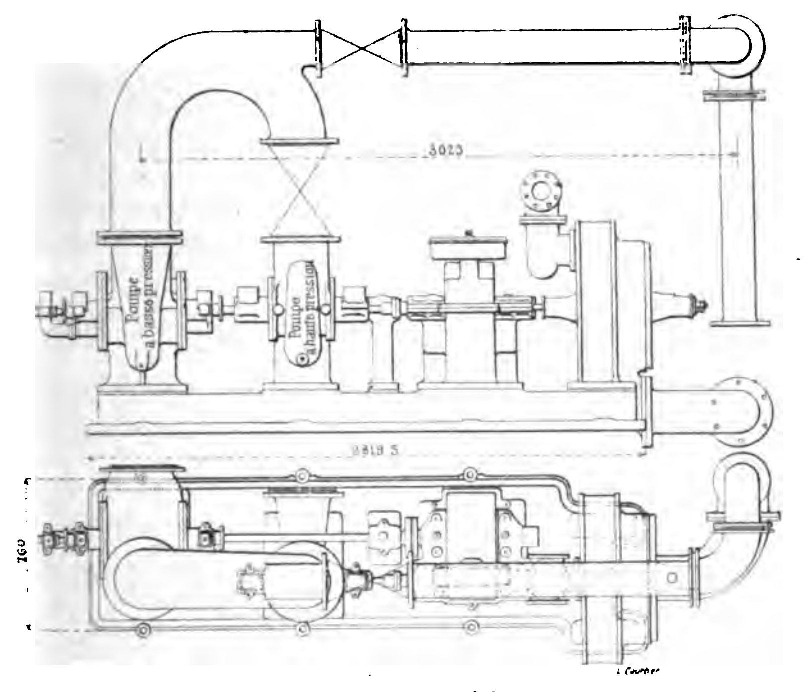


Fig. 6. — Turbine-pompe pouvant élever 60 l d'eau par seconde à 150 m.

tions d'accoupler la pompe directement à l'arbre de la turbine motrice sans aucun intermédiaire, ni réducteur de vitesse.

Toutefois, étant donné ce nombre de tours très élevé, la roue de la pompe se trouve réduite à de très petites dimensions, ce qui entraîne forcément aussi la réduction de la section d'aspiration et ne permettrait que de très faibles débits.

Aussi, pour pouvoir élever de grandes quantités d'eau, on adjoint à la pompe principale une pompe auxiliaire montée sur l'arbre secondaire de la turbine et tournant à une vitesse beaucoup moindre.

Cette pompe auxiliaire peut avoir des dimensions convenables pour aspirer la quantité d'eau voulue et la fournir sous faible pression à la pompe à grande vitesse (*fig. 6*).

Telle est la disposition de la turbine-pompe, présentée à la Société.

Le moteur est une turbine de Laval, d'une cinquantaine de chevaux à 20 000 tours par minute.

Sur l'arbre de cette turbine se trouve montée la pompe centrifuge à haute pression pouvant élever en un seul jet 1 000 l par minute à 150 m, à 20 000 tours par minute.

La pompe auxiliaire qui est montée à côté, sur le même bâti, est une pompe à basse pression qui n'a pour but que de fournir à la pompe à haute pression, la quantité d'eau que celle-ci serait incapable d'aspirer elle-même, étant données les dimensions de ses ouvertures.

Cette pompe auxiliaire peut, d'ailleurs, alimenter subsidiairement un condenseur à jet qui exige de l'eau sous pression de 5 à 6 m.

Avec des formes et dimensions appropriées et avec les très grandes vitesses qu'on réalise avec les turbines de Laval, on peut obtenir, pour une seule roue de pompe, des hauteurs d'élévation de 300 m et au-dessus.

Il est évident que le même problème peut être résolu, quoique d'une façon moins élégante, par des pompes multiples, ou multicellulaires, ce qui veut dire conjuguées.

Le nouveau système de pompe centrifuge décrit plus haut doit être signalé comme prototype de pompe centrifuge simple (à roue unique) à haute pression.

Les vitesses de 15 et 20 000 tours par minute ne sont évidemment pas des vitesses ordinaires pour des pompes centrifuges.

Elles ne sont cependant pas plus extraordinaires que ne l'étaient au commencement les vitesses des turbines à vapeur.

Or, ces grandes vitesses, qu'on considérait au début comme la pierre d'achoppement des turbines, n'ont pas empêché leur développement. Non content de les pratiquer pour les turbines motrices proprement dites, on arrive à les utiliser, et cela avec avantage, pour les pompes et aussi les ventilateurs à haute pression.

En fait d'*applications*, nous pouvons citer, entre autres :

Les pompes pour l'élévation des eaux ;
Les pompes d'incendie ;
Les pompes d'alimentation des chaudières ;
Les pompes d'épuisement.

Une des premières applications, comme pompe d'alimentation de chaudière, date d'un peu plus de deux ans et a été faite dans une usine de produits chimiques à Krokom, en Suède.

L'alimentation se fait avec de l'eau à 50 degrés sous pression de 11 à 12 kg, à l'aide d'une pompe mue par un électromoteur de 25 ch.

Le fonctionnement est très simple, ne demande aucune surveillance et donne la plus entière satisfaction.

Une première application de ces appareils vient d'être faite, en France, comme pompe d'épuisement, aux *Mines de Lens*.

La turbine-pompe pouvant élever 100 m^3 à l'heure à 260 m se compose d'une turbine de 150 ch effectifs actionnant directement une pompe centrifuge à haute pression et, à l'aide d'un réducteur de vitesse, une pompe centrifuge à basse pression.

La première, c'est-à-dire la pompe à haute pression, tourne à 13 000 tours, la seconde à 650 tours par minute.

La pompe à basse pression aspire les eaux de la mine à 3 m environ et les refoule, avec une pression de 10 m environ à la pompe à haute pression, laquelle les élève d'un seul jet à la surface.

L'installation étant faite au fond de la mine, il y avait lieu de se préoccuper, d'une part, de l'humidité de vapeur, d'autre part, des eaux chaudes de condensation, pour ne pas les faire retourner au puisard.

L'emploi judicieux du calorifuge et des séparateurs assure une siccité suffisante de vapeur, malgré la grande longueur de la tuyauterie.

Quant aux eaux chaudes provenant du condenseur, des dispositions ont été prises de façon qu'elles soient aspirées aussitôt après la sortie du condenseur par la pompe principale et évacuées au dehors sans se mélanger aux eaux de la mine.

Le condenseur a sa pompe d'alimentation indépendante, qui lui fournit l'eau de la mine à la température presque constante, ce qui assure un vide très égal. Cette pompe est montée sur le même arbre que la pompe à basse pression.

Comme appareils accessoires ou de sûreté, il n'y a qu'un clapet de retenue sur la colonne de refoulement et une soupape de sûreté installée sur la pompe à basse pression et s'ouvrant à une pression déterminée, au cas où le clapet de retenue manquerait et que toute la colonne d'eau viendrait peser sur le corps de la pompe à basse pression qui n'est pas faite pour la supporter.

La figure 7 représente cette turbine-pompe avec son condenseur et sa pompe d'alimentation propre.

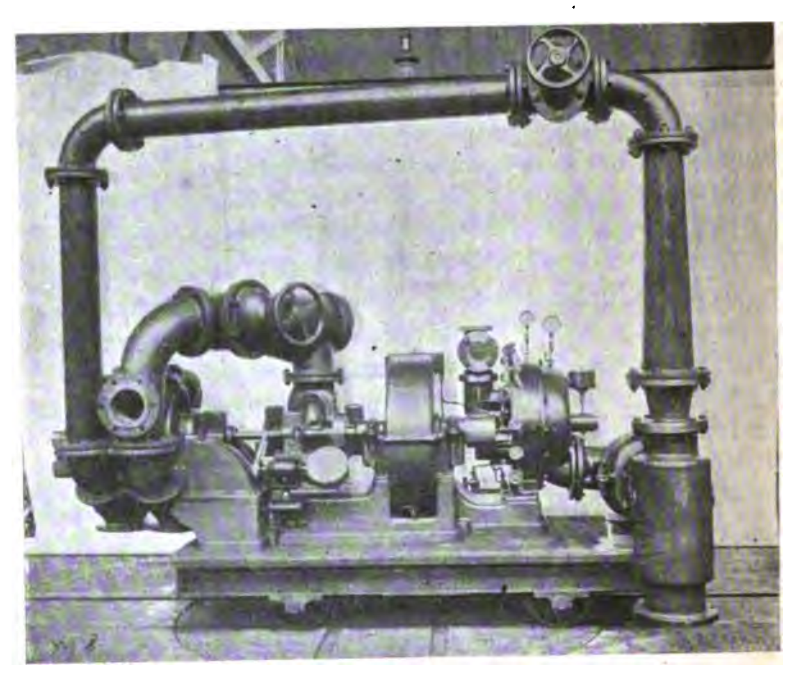


Fig. 7. — Turbine-pompe installée aux Mines de Lens (100 m³ d'eau à l'heure à 260 m).

La courbe de la figure 8 indique les débits de cette pompe en fonction des hauteurs d'élévation. La hauteur d'élévation de cette pompe, prévue normalement pour 260 m, a pu être portée jusqu'à 350 m.

Avantages. — Si le rendement mécanique des pompes centrifuges est un peu inférieur à celui des pompes à piston, il lui est tout à fait comparable quand on envisage des groupes élévatoires complets, moteurs et pompe. Alors qu'une pompe centrifuge peut être directement attelée à une turbine motrice qui

épouse sa vitesse, une pompe à piston exige des organes intermédiaires qui entraînent un abaissement de rendement.

Les groupes élévatoires à pompes centrifuges présentent, de plus, certains *avantages* qui peuvent les rendre préférables aux pompes à piston. Ils sont moins encombrants et exigent des frais d'installation beaucoup moins élevés; ils demandent moins de

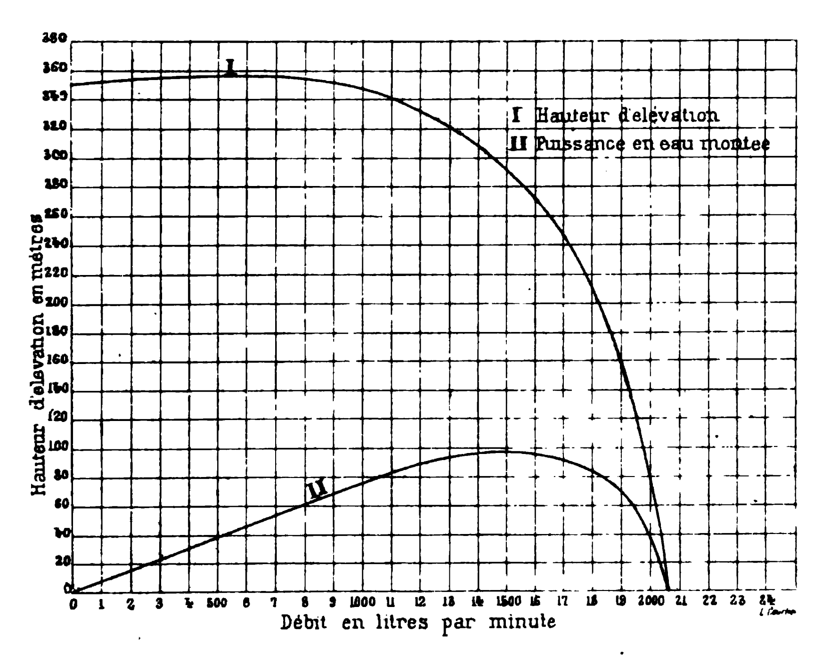


Fig. 8. — Courbe du débit de la pompe des Mines de Lens, en fonction des hauteurs d'élévation.

soins et moins d'entretien; ils fonctionnent sans choc, ce qui évite les réservoirs d'air, et leur couple au démarrage est faible, ce qui peut avoir son importance.

On peut facilement faire des pompes de ce type électriques. Au lieu de commander l'ensemble par une turbine à vapeur, on le commande par un électromoteur monté sur l'arbre auxiliaire portant la pompe à basse pression.

DISCOURS

prononcé, le 19 Février 1904, sur la tombe

DE

M. Alexandre ARSON

PAR

M. E. CORNUAULT

PRÉSIDENT DE LA SECTION DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE INDUSTRIELLES

Messieurs,

La Société des Ingénieurs Civils de France devait un témoignage particulier d'affection et d'estime à l'Ingénieur éminent qui fut l'un de ses fondateurs en 1848, plusieurs fois Membre de son Comité, son Lauréat, et enfin son Vice-Président en 1876 et 1877; sa modestie seule l'empêcha d'en devenir le Président.

Arson, né en 1819, était sorti de l'École Centrale en 1841 avec le premier diplôme d'Ingénieur mécanicien; il n'avait pas eu d'autre préparation pour entrer à cette École que les Cours du Conservatoire des Arts et Métiers, suivis dans la soirée, après le travail courant du commerce de la maison paternelle. Peu après, à sa sortie de l'École, il débutait aux Ateliers de Construction de Machines de M. Pauwels, à La Chapelle-Saint-Denis, alors qu'on y exécutait des bateaux transatlantiques et des locomotives, puis ne tardait pas à entrer comme Ingénieur à l'Usine à Gaz de la Compagnie Pauwels et Dubochet, à Paris, s'initiant ainsi, dès le début de sa carrière, à la grande industrie du gaz, dans laquelle il devait plus tard arriver à occuper une situation technique de premier ordre.

Vers 1847, il dirigeait la construction des Usines à gaz de Soissons, Épernay, Bar-le-Duc; enfin, en 1856, lors de la fusion en une seule Compagnie des diverses Compagnies de gaz éclairant Paris, il était choisi par la Compagnie Parisienne du Gaz actuelle pour occuper le poste d'Ingénieur de la fabrication, et bientôt s'élever, en 1857, à celui d'Ingénieur Chef du Service des Usines, poste qu'il a occupé jusqu'en 1894, soit pendant trente-sept années consécutives.

Le représentant autorisé de cette Compagnie vous a dit, de façon plus précise et mieux que je n'aurais pu le faire, ce que furent, à la Compagnie Parisienne du Gaz, le rôle et la carrière d'Arson, carrière tout entière de travail et de dévouement, rôle important s'il en fut, par la multiplicité des connaissances techniques exigées dans une industrie toujours en développement.

C'est au rôle d'Arson à la Société des Ingénieurs Civils qu'il m'incombe de surtout m'attacher : il suffit de parcourir nos Bulletins pour se rendre compte de l'importance des communications qu'il lui a faites, des ressources aussi de cet esprit fécond qui, en dehors de l'industrie à laquelle il s'était spécialement consacré, trouvait encore le temps de s'intéresser à de nombreux sujets scientifiques, tels que la théorie des propulseurs applicables au déplacement dans l'air; la théorie des ventilateurs à force centrifuge; l'influence de la coque en fer des navires sur la boussole, etc., etc., travaux dont il offrait toujours la primeur à la Société des Ingénieurs Civils; mais ce sont surtout ses études sur l'écoulement des gaz en longues conduites, et celles sur la construction des gazomètres, qui ont attiré sur lui l'attention des savants et de l'universalité des Ingénieurs gaziers; la première de ces études : « Expériences sur l'écoulement du gaz en longues conduites », lui valut, en 1867, une récompense exceptionnelle, de la part de la Société des Ingénieurs Civils, récompense justifiée par sa haute valeur. Ce fut, en effet, Arson qui obtint le premier des prix annuels fondés par la Société pour ce travail devenu classique, et dont les tableaux se retrouvent dans tous les ouvrages techniques français et étrangers.

Arson ne fut pas seulement un Ingénieur, Messieurs, il fut aussi un éducateur : dans sa longue carrière, il a formé de nombreux élèves qui, soit à la Compagnie Parisienne du Gaz, soit dans d'importantes usines de province et de l'étranger, ont continué les traditions de science, d'honneur et de dévouement dont il leur avait donné l'exemple; on peut, en effet, passer en revue toute la carrière d'Arson, on admirera toujours son ardeur infatigable pour le travail, sa passion du devoir, sa bienveillance pour les jeunes et pour les humbles; plus d'une fois, personnellement, alors que j'étais un jeune pour lui, j'ai eu recours à ses lumières, et il m'est impossible de ne pas me rappeler son accueil toujours si affable, son visage aimable et distingué que l'âge avait à peine effleuré.

Arson a réalisé le type du véritable Ingénieur Civil; son ima-

gination brillante lui inspirait toujours des nouveautés utiles, et son esprit pratique lui faisait étudier à fond le fonctionnement des appareils qu'il avait créés.

Parlerai-je enfin de l'homme, Messieurs? son cœur généreux et bienveillant le portait à témoigner à tous ceux qui l'entouraient une affectueuse sympathie, à s'occuper d'améliorer le sort moral ou matériel de ses ouvriers, et c'est ainsi qu'il entretenait, en 1876, la Société des Ingénieurs Civils des Caisses d'économie créées à la Compagnie Parisienne en faveur de son personnel.

Il n'est que juste de dire qu'Arson laisse à tous le souvenir d'un Ingénieur éminent et d'un homme de bien.

Puisse cet hommage mérité adoucir la douleur de sa compagne et de sa famille, qui l'ont entouré de tant d'affection et de dévouement pendant sa verte vieillesse!

CHRONIQUE

N° 290

Sommaire. — Le laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Berlin (*suite et fin*). — Horloge à cadran linéaire vertical. — Le chemin de fer autour du Baïkal. — Ponts suspendus à chaînes ou à câbles. — Grands ponts en béton armé en Italie. — Briques de sable et de chaux.

Le laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Berlin (*suite et fin*). — En dehors des moteurs importants que nous venons de mentionner, on trouve encore :

1° Une machine compound horizontale de 60 ch actionnant une pompe. Cette machine a, au cylindre à haute pression, un tiroir de détente Rider, et, au cylindre à basse pression, un appareil analogue du type Meyer ;

2° Une machine demi-fixe à condensation, de R. Wolf, à Magdebourg ;

3° Une machine compound verticale à grande vitesse, d'environ 40 ch, construite par la Société du Vulcan et du type marin. Elle donne 40 ch à 400 tours et sert principalement à habituer les étudiants à relever des diagrammes d'indicateurs sur un moteur fonctionnant à un nombre de tours élevé ;

4° Une machine à un seul cylindre, à distribution par soupapes, de 40 ch ;

5° Une machine de 8 ch, avec détente Meyer ;

6° et 7° Deux pompes d'alimentation doubles ;

8° Une pompe Blake simple.

On a cherché, au moyen de ces machines de divers modèles, à familiariser les étudiants avec tous les types de distribution généralement en usage dans la pratique. Ces machines peuvent être alimentées à volonté avec de la vapeur à haute ou basse pression, et évacuée dans un condenseur ou à l'air libre et marcher avec un seul cylindre ou avec deux. Dans le premier cas, on démonte le plateau de la boite à tiroir du cylindre non utilisé, pour permettre de suivre le mouvement des distributeurs. On a eu soin de disposer les conduites d'arrivée et de sortie de la vapeur sur certaines de ces machines, avec des sections en métal flexible pour permettre de faire fonctionner les moteurs suspendus à une grue ; on peut ainsi suivre l'influence de la vitesse de rotation sur les oscillations et les vibrations des machines.

Le laboratoire contient aussi un certain nombre de pompes, compresseurs d'air, etc. Nous avons vu que chacun des cylindres de la machine compound de 60 ch actionnait une pompe. Les corps de ces pompes peuvent recevoir des pistons plongeurs de deux diamètres différents, de manière à pouvoir débiter 2 000 l d'eau à 0,8 kg par centimètre carré de pression, ou 1 000 à 3,5 kg.

Les boites à clapets sont pourvues d'ouvertures fermées par des glaces et, au moyen d'une lampe à incandescence de 60 bougies, on peut suivre avec la plus grande facilité le fonctionnement des soupapes. On peut installer sur les sièges des soupapes des différentes formes usitées, de manière à comparer leur marche et même relever des diagrammes sur leur levée.

L'eau refoulée sous pression par ces pompes est reçue par une roue Pelton ou dans un moteur hydraulique étudié spécialement par le professeur Riedler. et donné par lui au laboratoire; ce moteur comporte deux pistons plongeurs à simple effet actionnant deux manivelles à 90 degrés l'une de l'autre. Si ces moteurs n'absorbent pas une quantité suffisante de travail, on envoie l'eau dans un réservoir spécial contenant un certain nombre de feuilles de tôle d'acier ayant chacune une ouverture de faible dimension.

Il y aussi une pompe centrifuge à commande électrique, débitant environ 5 500 l par minute à 350 tours, avec une charge totale de 6 m d'eau. La pompe et le moteur peuvent être rapidement découplés et, en essayant le second au frein, il est facile de connaître le travail de la pompe centrifuge.

La maison Borsig, de Berlin, a mis à la disposition du laboratoire un appareil d'élévation d'eau ou trompe, fonctionnant par l'air comprimé; cet appareil a été décrit par le professeur Josse dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* 1898, page 981. Un tube de 82 mm de diamètre descend dans le puits; un autre tube de 40 mm pénètre à la base du premier et amène l'air sous pression. Il se forme dans le premier tube un mélange d'air et d'eau qui est refoulé verticalement.

Comme appareils pneumatiques on trouve :

1° Une machine soufflante qui peut être accouplée à la machine à triple expansion mentionnée plus haut, et qui donne de l'air à une pression de 0,45 m d'eau. On peut ajuster le piston sur sa tige, de manière à faire varier l'espace nuisible dans les limites de 1,5 à 50 mm, pour permettre d'apprécier l'influence de cette variation ;

2° Un compresseur Westinghouse du modèle employé sur les locomotives;

3° Un ventilateur centrifuge actionné par un moteur électrique. On obtient le travail correspondant en essayant au frein le moteur seul dans les mêmes conditions que le moteur accouplé.

Bien que le laboratoire de mécanique soit parfaitement distinct du laboratoire d'électricité de l'École technique supérieure, il contient un assez grand nombre de moteurs électriques, dans le but d'abord de familiariser les étudiants avec les moteurs de ce genre, et aussi parce que ces moteurs sont d'un emploi facile et commode pour la commande temporaire de machines, telles que pompes centrifuges, etc., et rendent ainsi aisés et rapides une quantité d'essais.

Dans le but de simplifier les calculs pour les étudiants qui n'ont pas encore des notions très approfondies sur l'électricité, on n'emploie que des moteurs à courant direct. Avec ces moteurs, il suffit de lire le nombre d'ampères et de volts pour obtenir le travail; ils sont d'ailleurs très appropriés à la commande des pompes centrifuges, des ventilateurs, etc.

On a indiqué plus haut l'existence d'une batterie d'accumulateurs. Cette batterie peut absorber le travail de la machine à quadruple expansion, soit 400 ampères sous 250 volts, et peut le restituer pour produire de l'éclairage.

On a ajouté récemment au matériel existant un compresseur d'air actionné par un cylindre à vapeur, un moteur Diesel et un extracteur de gaz actionné par un cylindre fonctionnant avec de la vapeur d'acide sulfureux produite par l'échappement d'un moteur à vapeur.

Le laboratoire dont nous nous occupons a fait déjà un certain nombre d'essais pour le public. Ainsi, la pompe express de Riedler et les soupapes spéciales employées par Riedler et Stumpf dans leurs machines soufflantes ont été soumises au laboratoire à des essais prolongés avant d'être mises en exploitation commerciale. Le professeur Josse a fait ses expériences sur l'utilisation du calorique de la vapeur d'échappement par l'acide sulfureux, expériences rapportées dans la *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 1901, page 1077. Il avait, dans ce but, ajouté à la machine à triple expansion de 150 ch, un cylindre muni d'un appareil de distribution travaillant avec la vapeur d'acide sulfureux. Le condenseur à surface du moteur à vapeur faisait fonction de vaporisateur d'acide sulfureux. Nous rappellerons que le cylindre additionnel a développé 32 0/0 du travail réalisé par la machine à vapeur et que la dépense de vapeur surchauffée s'est ainsi trouvée abaissée de 5 à 3,75 kg par cheval indiqué et par heure.

Le directeur, professeur Josse, a avec lui un Ingénieur en Chef et, en moyenne, sept Ingénieurs assistants employés dans le laboratoire. Les chaudières sont confiées à un chef chauffeur qui a sous ses ordres quatre assistants; il y a pour les machines un chef mécanicien, quatre mécaniciens, un électricien et sept ouvriers et manœuvres.

Pour arriver à obtenir le diplôme qui est la sanction de l'instruction acquise aux Écoles techniques supérieures en Prusse, il faut suivre les cours pendant au moins huit semestres. De plus, les étudiants pour la construction mécanique et la construction navale doivent faire un an de pratique dans des ateliers où s'exercent ces branches d'industrie.

Les étudiants suivent généralement les exercices du laboratoire pendant trois semestres à raison d'une après-midi par semaine pour chaque groupe. Ces exercices se font de préférence dans les troisième, cinquième et huitième semestres. On trouvera à la fin de cette note le tableau de ces divers exercices.

Les étudiants plus avancés et les ingénieurs qui veulent se livrer à des recherches spéciales peuvent suivre un cours spécial organisé à cet effet.

Un des buts prévus pour le laboratoire de mécanique de Berlin a été de permettre aux élèves mécaniciens de la marine de se familiariser avec les essais scientifiques de diverses natures, de manière à pouvoir au besoin effectuer les essais et expériences qu'on peut avoir à faire à chaque instant dans la marine militaire et la marine marchande et aussi dans les chantiers de construction. Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance de cette question pour une industrie aussi considérable. On a reconnu depuis longtemps que, dans la plupart des branches de la

construction mécanique, on ne peut réaliser de progrès sérieux que par des essais conduits d'une manière scientifique sanctionnant la théorie et non par de simples formules mathématiques.

Nous donnons ci-dessous la liste des exercices pour le troisième semestre :

A. *Étude des éléments de machines.* — Joints de tuyaux et presse-étoupes. — Vérification des manomètres et indicateurs du vide et des ressorts d'indicateurs.

B. *Étude des moteurs et machines diverses.* — Montage et démontage des pièces. — Recherche du rendement des moteurs électriques et des moteurs à vapeur au moyen des freins de divers systèmes. — Recherche du rendement des pompes, pompes centrifuges, ventilateurs, roues Pelton, etc. — Usage des compteurs de nombre de tours, tachoscopes, tachymètres, manomètres et autres instruments de mesures. — Usage des indicateurs, réducteurs de course de divers modèles, planimètres et appareils de mesures électriques. — Détermination du travail indiqué sur les pompes, moteurs à vapeur, etc. — Détermination du rendement de ces machines.

Les étudiants font pendant les cinquième et sixième semestres les manipulations suivantes :

A. *Chaudières à vapeur.* — Conduite des chaudières à tubes d'eau et à tubes de fumée. — Étude de la combustion, analyse des gaz, valeur des combustibles, mesure du tirage et des températures. — Appareils d'alimentation, leur manœuvre; pompes alimentaires à vapeur, injecteurs. — Chauffage sans fumée, chauffage par le gaz. — Essais de vaporisation, conduites de vapeur, perte par condensation et perte de pression dans les conduites. — Dispositions pour prévenir les effets de la dilatation, purgeurs d'eau de condensation, etc.

B. *Machines à vapeur.* — Montage et démontage des diverses parties. — Étude des distributeurs et des mécanismes de distribution. — Tiroirs en D, tiroirs à pistons, détentes Meyer et Rider, distribution par soupapes, distributions Collmann ancienne et nouvelle, système Klug. — Recherches sur les condenseurs et les pompes à air, condenseurs à mélange et à surface. — Conduite des machines à vapeur à un, deux, trois et quatre cylindres. — Consommation de vapeur des machines à simple et multiple expansion, avec et sans condensation, avec vapeur saturée et vapeur surchauffée à diverses pressions jusqu'à 18 kg. — Étude de l'utilisation de la chaleur dans les machines à vapeur. — Bilan du calorique, influence des chemises de vapeur et de la surchauffe intermédiaire. — Détermination de la proportion d'eau entraînée avec la vapeur à l'aide du calorimètre à étranglement. — Régularité de marche des moteurs, variation de la vitesse aux différentes charges.

C. *Pompes et machines hydrauliques.* — Les pompes et leur manœuvre. — Etude d'une pompe, détermination de son débit, rendements mécanique et volumétrique à différentes vitesses. — Variation des hauteurs de refoulement et d'aspiration. — Étude des divers systèmes de soupapes, automatiques ou accompagnées, diagrammes des levées des soupapes. —

Études analogues sur les pompes à haute pression, réservoirs d'air. — Tuyautage en syphon avec éjecteurs pour purge d'air. — Pompe Mammouth, pompes centrifuges.

D. *Moteurs hydrauliques.* — Moteurs avec admission variable et renversement du sens de la marche, etc. — Roues Pelton.

E. *Machines soufflantes.* — Ventilateurs. — Compresseur d'air compound avec et sans injection d'eau, avec et sans enveloppe à eau de refroidissement, effet des réfrigérants intermédiaires. — Machines soufflantes de divers modèles, soupapes et commandes de soupapes. — Compresseur d'air Westinghouse.

F. *Moteurs à air comprimé.* — Leur fonctionnement avec de l'air froid avec et sans détente. ou avec de l'air chauffé par les produits de la combustion ou par une injection de vapeur.

G. *Machines frigorifiques* (en préparation). — Production du froid, conduite des machines, mesure de leur rendement, etc.

H. *Transmission de la force.* — *a*, par la vapeur, *b*, par l'eau sous pression, *c*, par l'air comprimé, *d*, par les courants électriques. — Détermination des rendements et avantages de la transmission à distance dans des circonstances diverses.

Horloge à cadran linéaire vertical. — Un de nos Collègues, M. H. Joanneton, a imaginé et fait construire par M. Rocard, horloger à Troyes, une horloge d'un type original, dans laquelle, au lieu du traditionnel disque d'émail sur lequel se meuvent circulairement les aiguilles, on rencontre, encadrée dans le milieu d'une longue gaine, une échelle verticale, divisée en douze heures avec leurs minutes, et sur laquelle monte, de 1 mm par minute, un index qui marque l'heure. Arrivée à la douzième heure, qu'il soit midi ou minuit, cette aiguille retombe à son point de départ, descendant ainsi, en deux ou trois secondes, de la hauteur qu'elle a mis patiemment la moitié du jour à gravir.

Il y a là une application aussi heureuse qu'originale d'une des nombreuses solutions d'un problème bien connu de cinématique, c'est-à-dire la transformation d'un mouvement circulaire uniforme en mouvement rectiligne alternatif varié.

L'*Almanach Hachette* de 1901, page 323, donnait une série de figures représentant des horloges d'époques et de provenances diverses. Parmi ces systèmes, se trouvait une horloge japonaise du XVIIIe siècle, d'un aspect extérieur semblable à celle de M. Joanneton ; c'est en effet cette horloge qui a suggéré à notre collègue l'idée de la sienne ; mais là s'arrête l'analogie, car il n'a pu copier le mécanisme de l'horloge japonaise, pour l'excellente raison que l'*Almanach Hachette* ne le décrit pas, et il a dû créer de toutes pièces celui qu'il a donné à son horloge.

Au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, on voit aussi deux types d'horloges qui, à première vue, semblent se rapprocher de l'horloge de M. Joanneton. L'une est due à Fournier, ancien ouvrier de la maison Lepaute, mais elle est électrique, tandis que celle de notre Collègue est simplement mécanique. Dans l'autre, qui est du XVIe siècle,

l'aiguille est constituée par une étoile, mais, au lieu de retomber d'un seul coup, elle redescend, du même mouvement qu'elle est remontée, le long d'une deuxième graduation parallèle, à indications inverses. Ici donc, le mouvement circulaire *uniforme* est transformé en mouvement rectiligne alternatif *uniforme* et c'est en quoi elle diffère essentiellement de l'horloge dont nous nous occupons.

Les solutions du problème général de cinématique : transformation du mouvement circulaire continu et uniforme en mouvement rectiligne varié, sont nombreuses. Une des plus élégantes, tant au point de vue mécanique qu'au point de vue géométrique, serait celle qui consiste à faire rouler un cercle de rayon R dans un cercle de rayon 2 R. On sait, en effet, qu'un point donné du premier décrit une ligne droite qui n'est autre qu'un diamètre du second. Mais, une course d'aiguille égale à 1 m exigerait un cercle de diamètre égal à cette course, ce qui devient de suite encombrant. Il faudrait, en outre, une roue à denture intérieure, d'un certain poids, et il ne faut pas perdre de vue que la force motrice dont on dispose, en l'espèce, est naturellement limitée et très faible.

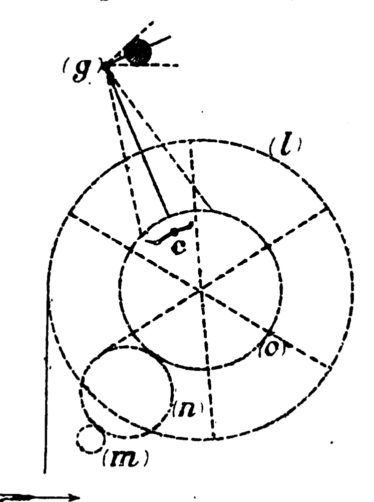
D'un autre côté, de même que dans le cas d'une bielle conduisant une tige de piston, les espaces parcourus par celui-ci dans des temps égaux ne sont pas égaux. On aurait des divisions du temps inégales; elles seraient d'autant plus petites qu'on se rapprocherait des extrémités de la course, d'autant plus grandes qu'on arriverait vers le milieu de celle-ci.

Pour se rendre compte tout d'abord et pratiquement de la force disponible, l'auteur explique, dans les notes qu'il a bien voulu nous remettre pour nous permettre de faire ce compte rendu, qu'il a construit un appareil schématique comprenant des poulies très légères reliées par une courroie, et de dimensions telles que l'aiguille remonte de 1 mm par minute. Nous croyons inutile de décrire ce dispositif, il nous suffira de dire que, admissible pour un essai, il aurait présenté, dans la réalité, de sérieux inconvénients : glissements probables, si on se sert de poulies et courroies, frottements ou coincements et, par suite, arrêts ou retards si on a recours à la chaine de Vaucanson. L'auteur a donc été obligé de revenir à la première idée qu'il avait eue et a réalisé le dispositif décrit ci-après.

Sur l'axe de la roue des minutes qui fait un tour en une heure, est calé un pignon de 10 dents, marqué *m* sur la figure ci-jointe, actionnant une roue *n* de 60 dents, laquelle en commande une *o* de 120 dents. Cette dernière fait ainsi un tour complet en douze heures. Sur sa face avant, elle porte un cliquet *c* qui entraine un volant *l* en aluminium de 720 mm de circonférence. Sur ce volant s'enroule un ruban d'acier mince et flexible auquel est fixé, par deux vis de pression, le porte-aiguille. L'axe du cliquet se prolonge en arrière de la roue dentée *o* et forme une cheville qui, vers 10 h. 30 m., rencontre et commence à soulever un levier en bronze relativement lourd *g*. A midi précis, la cheville qui a continué à tourner avec l'engrenage *o* laisse retomber le levier contre une butée, à sa position primitive. Dans cette chute, une saillie en acier de ce levier frappe le bec du cliquet. Ce dernier oscille et laisse échapper

le volant, qui tourne immédiatement en sens inverse, sollicité par le poids de l'aiguille, et d'une surcharge à déterminer. Le volant n'a pas décrit un tour entier en arrière, que déjà le cliquet c est retombé en place, prêt à faire décrire au volant, dans le sens direct, un nouveau tour en douze heures.

Le cliquet n'est soulevé que pendant un temps très court et, si le poids de l'aiguille et des surcharges n'est pas assez fort, à cause de l'inertie du volant, le mouvement rétrograde ne se produit pas. Si on met un poids trop fort, le démarrage est assuré, mais alors on peut tout casser. Il faut par conséquent atténuer le choc par un contrepoids qui diminue la rapidité de la chute. Comme variante, l'auteur a adapté, à l'extrémité inférieure du ruban d'acier, une tige creuse très légère, en cuivre, munie d'un piston. Celui-ci s'enfonce dans un tube fermé par le bas et formant cylindre. L'air s'y comprime et amortit suffisamment le choc à l'arrivée.





M. Joanneton entre dans quelques détails sur les difficultés qu'il a éprouvées à réaliser pratiquement ses idées. L'aluminium se travaille assez mal; ainsi, quoique ayant son moyeu bien alésé, à cause de petites rugosités à peine visibles, le volant refusait souvent de partir en temps opportun. Il a fallu rapporter une bague en acier pour annuler le frottement.

Dans les travaux de ce genre, la difficulté principale est de trouver une certaine bonne volonté chez l'artisan et de voir bien exécuter par ce dernier ce qu'on lui demande, d'autant plus qu'en pareil cas les organes ne peuvent être établis en série. Pour ne citer qu'un point, le cadran, l'inventeur aurait pu s'en procurer facilement et à bon compte, mais à la condition d'en prendre *cinquante*, soit quarante-neuf de plus qu'il ne lui en fallait.

On peut reprocher à l'horloge, telle qu'elle est établie, sa hauteur, qui est de 2,75 m, et son prix. Mais elle a très bon aspect dans la pièce où elle est installée. Depuis les premiers jours d'octobre 1903, cette horloge débite sans arrêt le temps par petites tranches régulières de

1 mm par minute. Le système est tellement simple, comme idée, qu'il n'y a aucune raison valable, théorique ou pratique, pour qu'elle ne marche pas d'une façon normale, ce que l'expérience confirme.

Le mécanisme qui a été décrit ci-dessus a été adapté au type connu de l'antique horloge à poids, dite Comtoise. Le remontage doit donc être fait environ toutes les semaines. Rien ne s'opposerait à ce qu'on l'adapte à un mouvement d'horlogerie électrique, du système Rocard, sans remontage d'aucune sorte. Le fonctionnement continu et assuré de ce type n'est, en effet, limité que par la durée même des piles, soit au moins dix-huit mois.

Le chemin de fer autour du Baïkal. — On sait que dans la construction du chemin de fer transsibérien, l'exécution de la section qui contourne la rive méridionale du lac Baïkal a été dès le début différée, le passage du lac devant s'opérer par des bacs à vapeur. Aujourd'hui on s'occupe activement de la construction de cette section dont l'absence n'est pas sans créer de graves embarras pour les transports militaires.

La partie dont il s'agit va de la station Baïkal de la ligne Irkoutsk-Lac Baïkal située non loin de l'embouchure de l'Angara à la station de Missowaja ou Myssowsk de la ligne transbaïkalienne du chemin de fer sibérien. Cette section n'a pas moins de 260 km de longueur et se divise en deux portions, savoir : Baïkal-Kultuk de 85,34 km, et Kultuk-Myssowaja, de 174,32 km dans lesquelles sont compris le raccordement de 3,2 km de longueur entre Tanchoj et la rive du lac où se trouve un nouveau port de débarquement des bacs à vapeur qui, après l'ouverture de cette section du chemin de fer pourront servir comme moyen auxiliaire de transport.

La partie Baïkal-Kultuk traverse, dans le voisinage immédiat du lac, une partie montagneuse coupée de gorges profondes et présentant des massifs rocheux très difficiles à entamer. On n'y rencontre pas moins de trente-deux tunnels d'une longueur collective de 5 870 m et deux cent dix ouvrages d'art soit ponts, murs de soutènement, etc. Le tunnel le plus long a 800 m de longueur. Dans le rocher on a eu à enlever jusqu'à 91 000 m^3 par kilomètre et pour les murs de soutènement et le muraillement on a employé 1 639 m^3 par kilomètre. Certaines tranchées ont jusqu'à 85 m de profondeur. Le niveau des remblais est établi en moyenne à 9,6 m au-dessus du niveau du lac.

La partie entre Kultuk et Myssowaja franchit la montagne à une plus grande distance du lac. On n'y rencontre qu'un tunnel de 79 m de longueur, mais le tracé franchit un grand nombre de torrents, des marais et, par endroits, des glaces perpétuelles et des terrains mouvants.

Le coût total de la ligne circumbaïkalienne, y compris le raccordement de Tanchoj au lac, est évalué à 140 millions de francs en nombres ronds pour 260 km, ce qui donne un prix kilométrique moyen de 540 000 f également en chiffres ronds. Dans le chiffre du total, les études et les recherches géologiques exécutées depuis 1895 entrent pour 2 700 000 f.

La largeur des remblais à la partie supérieure est de 5,54 m, celle des

tranchées au fond de 5,33 m. Le rayon minimum des courbes est de 320 m et la déclivité maxima de 8 0/00; le poids des rails est de 32,24 kg par mètre courant. Les dépôts et ateliers sont construits en briques, les stations en bois; les ponts en acier avec piles en maçonnerie. Les tunnels sont établis pour deux voies, mais on n'en posera qu'une provisoirement. Il y a un croisement avec voie de garage tous les 11 verstes, soit 11,74 km. Le chemin de fer pourra donner passage à quatorze trains par vingt-quatre heures dans les deux sens. Les travaux ont été commencés au printemps de 1902 et seront terminés au commencement de 1905.

La partie de Tanchoj à Myssowaja, 60 km, est terminée depuis 1903. Pour hâter le transport des troupes sur le théâtre de la guerre, on doit établir entre la station Baïkal et Tanchoj, distants d'une cinquantaine de kilomètres, une voie posée sur la glace du lac. A cet effet, on a fait venir à Irkoutsk le matériel léger du chemin de Ssestrorjesk. Sur le Baïkal, cet hiver, la glace est particulièrement forte et sans crevasses, ce qui ne facilite pas le travail des bateaux brise-glace. Ces renseignements sont donnés par le Journal du *Verein*.

Ponts suspendus à chaînes ou à câbles. — Nous avons indiqué, dans la Chronique de janvier, page 117, que le nouveau pont suspendu de Manhattan, à New-York, devait être construit avec des chaînes au lieu de câbles. Chacun des deux systèmes a ses partisans, aussi croyons-nous intéressant de donner ici, à titre de document, le résumé d'une étude comparative faite à ce sujet par la maison Hankort de Duisbourg, qui s'occupe spécialement de la construction des ponts, résumé que nous trouvons dans le *Railroad Gazette*.

Cette étude a été faite pour un pont à établir sur le Rhin, à Cologne; ce pont se composerait d'une travée centrale de 220 m et de deux travées de rives de 120 m de portée, total 460 m. Le tablier porterait des voies charretières disposées entre deux poutres rigides écartées de 12 m d'axe en axe et deux trottoirs à l'extérieur de ces poutres, le tout formant une largeur totale de 17 m.

La suspension s'opérerait par des câbles ou par des chaînes; deux projets ont été étudiés en détail, un pour chaque hypothèse. Les câbles présentent l'avantage de donner une grande résistance avec un poids modéré, mais le montage est plus difficile et la surveillance à peu près impossible. Les câbles seraient du système perfectionné de la maison Felten et Guilleaume, les grands fabricants de câbles allemands; ils seraient composés chacun de dix-neuf torons préparés dans les ateliers et faciles à mettre en place. Ce système a pour objet de protéger les fils contre l'humidité et la rouille qui en est la conséquence.

D'autre part, les chaînes peuvent être surveillées dans toutes leurs parties et peintes quand le besoin s'en fait sentir, mais elles ont contre elles leur poids considérable. Le grand volume des barres qui les composent, comparativement à celui des câbles qu'on aperçoit à peine de loin est, au point de vue de l'esthétique de l'ouvrage, un avantage ou un inconvénient, selon le goût de l'observateur. Le montage des chaînes est plus facile que celui des câbles.

Sans entrer dans les détails de la construction du pont qu'on ne saurait donner facilement sans figures, nous nous bornerons à décrire l'organe de suspension dans les deux cas. Les chaînes seraient formées de barres découpées dans des tôles d'acier Siemens-Martin donnant une résistance à la rupture de 50 à 60 kg par millimètre carré avec 18 0/0 d'allongement. On aurait pu prévoir l'emploi d'acier au nickel pouvant donner des résistances de 72 kg et plus avec 15 0/0 d'allongement, mais le prix aurait été probablement trop élevé; les barres auraient une section transversale de 400 × 25 mm ; elles seraient assemblées par des axes creux en acier de 0,30 m de diamètre.

Les câbles seraient, comme nous l'avons dit, d'un système spécial à la maison Felten et Guilleaume; chaque câble est formé de dix-neuf torons ayant une résistance à la rupture de 137 kg par millimètre carré et un allongement de 2 à 3 0/0 et une limite d'élasticité de 80 kg alors que le plus grand effort à supporter par les câbles n'est que de 32 kg.

Les espaces laissés vides par les fils dans les torons sont remplis de minium ; les torons sont placés parallèlement les uns à côté des autres pour former le câble et ils sont entourés par un fil de fer enroulé ; l'intervalle entre les torons est rempli par un mastic formé de minium et d'une matière filamenteuse. Aux points d'attache des barres de suspension, où la pression est forte, les intervalles des torons sont remplis par des pièces métalliques. Le fil de fer enroulé autour des câbles formant garniture protectrice a une section carrée de 5 mm de côté.

L'attache des pièces de suspension qui sont d'ailleurs entretoisées par des diagonales, formant une sorte de poutre en treillis, se fait au moyen de deux mâchoires en acier présentant au-dessus et au-dessous des parties demi-circulaires en saillie, lesquelles forment ensemble des projections cylindriques que coiffent des anneaux posés à frottement dur. Sur les côtés de ces mâchoires ainsi fixées s'ajustent des tôles auxquelles sont assemblés par rivets les tirants verticaux et obliques. Avec ce système, tout glissement est impossible et on peut fixer les suspensions à un point quelconque des câbles, ce qui facilite beaucoup le montage.

Dans les calculs d'établissement, on a admis que les câbles porteraient la totalité du poids mort du pont et que les poutres de raidissage n'auraient à intervenir que pour résister aux surcharges et aux effets provenant des variations de température.

On a admis un travail maximum de 32 kg par millimètre carré pour les câbles et de 13 pour les chaînes. Dans ces conditions l'étude des deux projets a conduit aux quantités suivantes de métal :

		Chaînes.	Câbles.
Tablier et contreventement . .	kg	1 593 000	1 593 000
Tours d'appui.	—	874 000	845 000
Chaînes ou câbles.	—	3 040 000	1 450 000
Poutres de raidissage	—	1 100 000	1 180 000
Totaux.	kg	6 607 000	5 068 000

La différence est donc en faveur de la suspension par câbles de 1 539 000 kg, soit 25 0/0 par rapport au poids avec chaînes. Les câbles du

pont de Williamsburg, à New-York, ont coûté, en 1900, 1,72 f le kilogramme et les prix donnés tout récemment pour les chaînes en acier au nickel du pont de Blackwell Island ont été de 0,91 f par kilogramme; pour les autres aciers le prix a été de 0,62 f. Si on applique ces chiffres aux poids donnés plus haut, on trouve que les prix des deux systèmes de construction seraient sensiblement les mêmes.

Grands ponts en béton armé en Italie. — Nous trouvons dans le *Monitore Tecnico* la description d'un intéressant ouvrage en béton armé, un pont sur le Tagliamento entre Piazano et San Daniele, dans le Frioul.

Ce pont, de 194 m de longueur totale, donne passage à une route ordinaire; il se compose de trois arches dont chacune a 48 m de corde et 24 m de flèche. La distance d'axe en axe des piles est de 52 m et le dessous de l'arc à la clé est à 30 m au-dessus du fond de la rivière. La largeur entre les parapets est de 5 m et la chaussée se trouve à 28 m au-dessus des hautes eaux. Les arcs sont tracés au moyen de courbes à sept centres, ce qui se rapproche de la forme d'une parabole. La chaussée est supportée par une série d'arches de 10 m d'ouverture dont les piliers reposent sur les reins et la clef des arcs principaux. Cette construction donne à l'ouvrage un remarquable caractère de légèreté.

Dans le sens transversal, les arcs sont inclinés de 7 0/0 par rapport à la verticale, de sorte que la largeur, qui est de 5,25 m à la partie supérieure, devient de 9 m aux naissances; cette disposition a pour objet d'accroître la stabilité. L'épaisseur des arcs est de 1 m à la clef et de 1,50 m aux naissances; ils sont au nombre de quatre, les deux de chaque côté sont réunis par une plate-bande qui les entretoise.

Les deux culées sur lesquelles portent les extrémités du pont sont formées par la roche naturelle; les deux piles intermédiaires sont en maçonnerie et ont dû être fondées à l'air comprimé.

L'armature métallique des trois arcs principaux est formée d'un arc en treillis pour chacun, arc constitué par des cornières cintrées reliées par des fers plats disposés en croisillons. Cette armature remplit un double rôle; elle arme le béton et elle sert à porter les moules en bois dans lesquels on coule le béton; les montants qui supportent les arcs secondaires sont armés avec des fers disposés verticalement, et une disposition, analogue à la précédente, est employée pour ces arcs.

Les calculs de stabilité de l'ouvrage ont été faits en admettant des coefficients de résistance très modérés. On a pris pour point de départ un poids de 2 400 kg par mètre cube de béton armé et une surcharge de 3 000 kg par mètre courant de pont correspondant à 600 kg par mètre carré de surface de chaussée. Dans ces conditions, le fer des armatures ne travaille qu'à 6,5 kg par millimètre carré sous le poids propre de l'ouvrage et à 9 kg avec la surcharge. Le béton travaille au maximum à 30 kg par centimètre carré à la compression et à un chiffre insignifiant à la traction.

Le projet du pont de Piazano, dû à l'ingénieur Giuseppe Vacchello, de Rome, et l'exécution à la maison Oderico et C[ie], de Milan. L'ouvrage a été inauguré dans les premiers jours de septembre 1903.

Un autre pont en béton armé également très remarquable a été construit pour le compte de la province de Gênes, sur la Bormida, près de Millesimo, par l'ingénieur Porcheddu, concessionnaire, pour la Haute-Italie, du système Hennebique.

Ce pont, établi pour donner passage à une route ordinaire, a une largeur de 5,80 m, y compris les parapets ; il a une arche unique de 51 m de corde et surbaissée au dixième. Il a été calculé pour une surcharge de 700 kg par mètre carré uniformément répartie. La charge d'épreuve a été de 1 100 kg par mètre carré et l'abaissement à la clef pendant l'épreuve n'a été que de 11 mm, soit 1/4600 de la portée, alors que le cahier des charges admettait 1/1000.

Ces deux ouvrages sont de très intéressants exemples de ce genre de construction et font voir les ressources précieuses que fournit le béton armé pour les travaux publics.

Briques de sable et de chaux. — Nous avons dit, dans les *Informations Techniques* de juillet 1899, page 142, quelques mots de la fabrication des briques formées de sable aggloméré par une petite quantité de chaux. Cette fabrication s'est considérablement répandue, et nous donnons ci-dessous, d'après l'*Iron Age,* quelques détails sur l'état de cette industrie aux États-Unis.

Il y a actuellement un certain nombre d'établissements qui font des briques composées de sable et de chaux et non cuites, d'après un procédé qui est employé avec succès en Allemagne depuis près de vingt-cinq ans.

Les briques faites ainsi peuvent être employées moins de vingt-quatre heures après leur moulage, tandis que, avec le procédé ordinaire, les briques d'argile cuite exigent de deux à quatre semaines pour leur fabrication complète.

Dans cette méthode, la chaux vive ou éteinte est employée avec le sable dans la proportion de 5 à 15 0/0, suivant la nature du sable; on moule la matière sous forme de briques dans une presse hydraulique ou autre, à l'état à peu près sec ; les briques, en sortant de la presse, sont chargées sur des wagonets qui les portent à un cylindre métallique que l'on ferme lorsqu'il est plein et dans lequel on introduit de la vapeur sous une pression de 8,5 kg qu'on laisse agir toute une nuit. Les briques, à leur sortie du cylindre, ont acquis une dureté suffisante pour pouvoir être employées immédiatement.

Lorsqu'on a fait pour la première fois ces briques de sable et de chaux en Allemagne, on obtenait la dureté en les laissant plusieurs mois exposées à l'air; on a trouvé ensuite qu'il suffisait de les soumettre à l'action de la vapeur sous pression pendant quelques heures pour obtenir le même résultat.

Ces briques sont constituées par une sorte de grès artificiel ou, chimiquement parlant, un hydrosilicate de chaux, la chaux agissant comme liaison entre les grains de sable au moment de la compression et se combinant ensuite chimiquement avec la silice du sable.

Une des installations les plus intéressantes des États-Unis est celle de la *Colonial Brick Company*, à Kotomo, dans l'Indiana. C'est une dé-

pendance de la *Pittsburgh Plate Glass Company* et utilise le sable provenant des ateliers de polissage du verre de cette Société. La briqueterie dont nous parlons peut fabriquer 20 000 briques par jour. Elle a été établie dans le voisinage immédiat de dépôts de sable s'élevant à des millions de mètres cubes accumulés pendant une longue série d'années.

L'utilisation de ces résidus, d'une qualité excellente pour la fabrication des briques, à cause de leur extrême finesse, a été une solution des plus heureuses, parce que non seulement elle permet de produire des briques de qualité supérieure avec un produit sans valeur, mais aussi parce qu'elle a fourni un moyen de se débarrasser de ces résidus qui devenaient très gênants.

On peut citer encore l'usine de la *Black Hills Pressed Brick Company*, à Deadwood, dans le Dakota, dans laquelle on fait la brique avec des résidus de lavage des moulins à broyer des mines d'or de Homestake; ces briques sont très denses et très résistantes, on en fait 20 000 par jour. La *Golden Gate Brick Company*, à San Francisco, établit à Antioch, en Californie, une usine pour faire 20 000 briques par jour. La *Sioux Falls Pressed Brick Company*, à Sioux Falls, dans le Dakota, monte une usine de même capacité. La *Southern Sand Lime Pressed Brick Company*, à Mobile, dans l'Alabama, achève la construction d'une usine pour faire 20 000 briques par jour avec du sable du golfe du Mexique. Enfin, on établit des fabriques analogues à Lafayette, dans l'Indiana, et à East Alton, dans l'Illinois.

Nous allons entrer dans quelques détails sur la manière dont sont installées d'une manière générale ces briqueteries. La chaux, préalablement éteinte, est amenée dans des magasins de forme convenable et, de là, suivant les besoins, aux broyeurs et à une trémie, avec porte à coulisse; le sable est amené à une trémie voisine disposée de même; les ouvertures de sortie sont graduées suivant les proportions à donner aux deux éléments qui passent ensemble dans un mélangeur aboutissant à une trémie disposée directement au-dessus de la presse à mouler. Cette presse ne diffère pas, d'ailleurs, des presses à briques ordinaires. Toutefois, dans les usines mentionnées ci-dessus, on emploie la presse Berg, construite par les ateliers de construction d'Anderson, à Anderson, Indiana. Cette presse a une capacité dans laquelle le mélange tombe par son propre poids et alimente les quatre moules de la presse dans lesquels la matière est comprimée sous une pression de 150 t environ pour chaque brique. Les briques, démoulées par le jeu d'un organe spécial, sont repoussées sur une table où un ouvrier les prend pour les charger sur les wagonets qui les portent au cylindre où elles doivent être durcies à la vapeur. Ce cylindre a généralement 1,80 m de diamètre et 20 m de longueur; il peut contenir 20 000 briques à la fois. On le charge à la fin de la journée et on y laisse agir toute la nuit la vapeur à une pression de 8,5 kg. On laisse peu à peu baisser la pression au matin, puis on ouvre le cylindre et on en sort les briques. Dans les installations importantes, il est utile d'avoir deux de ces cylindres qui opèrent alternativement et, quand on a terminé avec l'un, on fait passer la vapeur qu'il contient dans l'autre cylindre, ce qui permet de réaliser une certaine économie de combustible. On peut utiliser cette vapeur

pour éteindre la chaux en plaçant la chaux vive dans le cylindre de durcissement avec les briques.

Les moules des presses sont garnies de plaques d'acier qu'on peut rafraichir à la meule lorsqu'elles sont émoussées et remplacer lorsqu'elles sont usées. Cette précaution est très nécessaire pour la durée des machines. Il est également indispensable de prévoir le moyen de régler la quantité de matière introduite dans les moules, parce que la compressibilité de cette matière est très variable suivant la nature du sable. Des sables légers et spongieux subissent une réduction au tiers du volume primitif, tandis que d'autres, de provenance quartzeuse et très denses, ne se réduisent qu'à la moitié.

Le matériel d'une fabrique de ce genre comprend un broyeur pour la chaux, des transporteurs, des appareils pour doser les matières, des mélangeurs pour le sable et la chaux, une presse à mouler, des meules pour les garnitures des moules.

Les ateliers d'Elwood, à Elwood, Indiana, se préparent à construire des presses à briques rotatives qui, pour certaines natures de sable, paraissent devoir être préférables aux presses à plongeur du système Berg.

M. Frank H. Mason, consul général des États-Unis, a fait un rapport sur l'industrie des briques de sable en Allemagne, rapport dans lequel il cite des essais faits aux établissements de l'État pour apprécier la résistance des briques de sable au froid, à l'humidité et à la sécheresse. Ces essais ont montré que ce genre de briques résiste mieux que les briques cuites et l'exemple d'édifices construits avec des briques de sable il y a une vingtaine d'années, c'est-à-dire dans les premiers temps de leur apparition, montrent qu'elles acquièrent de plus en plus de dureté avec l'âge. M. Mason cherche à mettre ses compatriotes en garde contre toutes sortes de procédés plus ou moins brevetés relatifs à cette fabrication. Le principe de la confection des briques avec du sable aggloméré par de la chaux est dans le domaine public. On ne peut patenter que des détails de machines ou des additions de matières diverses qui n'ont d'autre utilité que de chercher à justifier un brevet; ces matières nuisent le plus souvent à la combinaison de la silice et de la chaux.

Le coût d'une installation pour faire 20 000 briques par jour peut être estimé à une centaine de mille francs; la dépense sera proportionnellement moindre pour une production supérieure et plus grande pour une plus faible. Les frais de fabrication, y compris la chaux, la main-d'œuvre, le combustible, mais non le sable, peuvent varier, suivant les conditions locales, de 10 à 17,50 f par 1 000 briques; le chiffre le plus élevé se rencontre à l'usine de Black Hills où la main-d'œuvre et le combustible sont chers. La proportion de chaux joue un rôle important dans le prix de revient puisque, comme on l'a vu plus haut, cette proportion peut varier, suivant la nature du sable, de 5 à 15 0/0.

Les briques de sable peuvent être mises en comparaison pour le prix avec les briques cuites de qualité inférieure et, comme qualité et aspect, avec les plus belles briques qui se vendent couramment de 75 à 120 f le 1 000.

On peut employer des sables de différentes couleurs, noire, rouge ou

jaune pour faire des briques de ces couleurs. Si on ne dispose pas de sables colorés, on peut colorer les briques par l'addition de faibles quantités de matières colorantes. A défaut de sable, on peut employer des laitiers de hauts fourneaux, des cendres et diverses matières minérales. On peut faire de belles briques noires avec de vieux sable de fonderie.

Il existe à Michigan City, dans l'Indiana, et à Maskegon, dans le Michigan, des usines qui font des briques par ce procédé avec des machines venant d'Allemagne; bien qu'elles travaillent actuellement pendant 300 jours par an, elles ne peuvent suffire à la demande. On pense qu'avec des machines américaines perfectionnées la production pourrait être notablement augmentée avec une réduction importante dans le prix de revient.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Janvier 1904.

Rapport de M. Ed. Simon sur le **masque protecteur avec balai automatique pour raboteuses** de M. L. Suffren.

Cet appareil s'adapte aux raboteuses de petites et moyennes dimensions et a pour objet d'empêcher l'ouvrier d'enlever avec la main les copeaux métalliques produits par le rabotage. Il consiste en un cadre fixé au bâti, entourant l'outil de trois côtés et ne permettant pas d'en approcher au cours du travail. Un balai en cuir est suspendu à la tringle antérieure de ce cadre de manière à dégager les copeaux et les rejeter hors du plateau au fur et à mesure de la translation de la pièce à travailler.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur **le frein à air comprimé**, système Lipkowski.

Nous avons eu occasion de parler des rapports de M. Vicaire, insérés dans les *Annales des Mines* et rendant compte des expériences faites en France sur le frein Lipkowski, rapports qui sont d'ailleurs annexés à la note de M. Sauvage. Nous croyons donc inutile de nous appesantir sur ce sujet et nous nous bornerons à prier nos collègues de se reporter aux documents indiqués ci-dessus.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur **les ventilateurs** de M. **Emmanuel Farcot fils** et en particulier sur le ventilateur du tunnel de l'Alberpeyr.

Le tunnel d'Alberspeyre est situé sur la ligne de Langogne à Alais du réseau P.-L.-M. Il est à voie unique et à 1 903 m de longueur en déclivité moyenne de près de 25 0/00. L'aération naturelle de ce tunnel était tout à fait insuffisante, et on avait dû renoncer à employer une machine de renfort en queue, il fallait couper les trains.

On résolut de faire une application du système Saccardo, en installant un ventilateur à réaction de M. E. Farcot de 6 m de diamètre sur 2,5 m de longueur. Ce ventilateur est commandé par une machine Corliss sans condensation, développant 190 chevaux à 95 tours par minute ; le ventilateur en fait 152 ; la commande se fait par courroie. Le programme était de donner pendant cinq heures des débits de 150 et 120 m³ par seconde avec des vitesses du moteur de 95 et 78 tours par minute. Ces conditions ont été remplies. En pratique, le service est réglé comme suit : le ventilateur marche à petite allure, 50 tours par minute, quand aucun train montant n'est signalé. A l'approche d'un train, on augmente la vitesse jusqu'à 150 tours et on maintient cette allure pen-

dant huit minutes environ ; la durée de la traversée du tunnel par le train est de quatre minutes et il faut encore quatre minutes pour faire évacuer complètement la fumée.

Le rapport cite un certain nombre d'applications de ces ventilateurs dans diverses industries.

Rapport de M. J. Pillet sur le **Dessinateur universel Little**, présenté par M. le Commandant Mahon.

Nous avons décrit cet appareil dans la Chronique de février 1903, page 371.

Rapport de M. G. Vogt sur **la continuation de l'Étude des Argiles**, par M. G. Lavezard.

L'Afrique occidentale française : inventaire méthodique de ses ressources, par M. le Docteur Barot.

Notes de Mécanique. — Détails de construction des locomotives américaines d'après M. J. Cowan. — Transmission de la chaleur au travers des tôles des chaudières.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1904.

District de Paris.

Réunion du 5 novembre 1903.

Communication de M. Breton sur **le bassin de Sarrebruck et son prolongement possible en France.**

Dans un historique sommaire, l'auteur rappelle les diverses communications faites sur ce sujet et expose sa théorie sur la formation de la houille dans le bassin franco-belge en l'appliquant au bassin de Sarrebruck, il conclut à la nécessité de continuer les recherches de la houille en Lorraine, question du plus vif intérêt pour la métallurgie française.

Communication de M. Pitaval sur **les progrès réalisés dans l'emploi du four électrique en métallurgie.**

L'auteur passe en revue un certain nombre de fabrications effectuées au four électrique, notamment d'alliages de fer et d'acier. Il fait voir que l'électro-métallurgie emploie aujourd'hui des fours qui utilisent des puissances de 200 à 400 ch ; on étudie même en Suède l'installation d'un four employant 1 000 ch. Un des principaux avantages du four électrique est d'être un réducteur parfait, à cause des températures élevées qu'il permet d'obtenir ; aucun élément en effet ne résiste à des températures de 2 500 à 3 000 degrés. Le four électrique est donc appelé à jouer un jour un rôle prépondérant dans les usines métallurgiques et spécialement dans les aciéries.

Note de M. P. Dujardin sur **la vente en Allemagne des alliages électro-métalliques.**

Depuis la fin de 1902, la vente du ferro-silicium fabriqué par voie électrique s'est considérablement développée en Allemagne, ou du moins en Westphalie et dans la province du Rhin. C'est l'alliage à 50 0/0 qui est de plus en plus demandé. Le total fourni pendant le second semestre de 1903 a dû dépasser 500 tonnes. Les autres alliages, tels que ferrochrome, ferro-vanadium, etc., ne sont pas jusqu'ici employés dans la pratique courante, au moins d'une manière régulière.

Février 1904.

District du Nord.

Réunion du 13 Décembre 1903, à Douai.

Communication de M. Kuss sur **le Tachymètre enregistreur Karlik.**

C'est un appareil à force centrifuge constitué par un vase central tournant autour de son axe de figure, disposé verticalement et contenant un liquide, soit du mercure, et communiquant par le bas avec deux tubes verticaux. La rotation de l'ensemble élève le mercure dans ces tubes et le déprime dans le tube central; un flotteur suit la dépression du mercure et transmet son mouvement à une aiguille indicatrice et à un système enregistreur.

Cet appareil présente un certain intérêt pour les mines, parce qu'en général en Allemagne et en Autriche, la circulation du personnel par les câbles n'est autorisée que sous la réserve d'une limitation de la vitesse et de l'emploi d'un tachymètre enregistreur. Le tachymètre Karlik paraît répondre d'une manière pleinement satisfaisante à cette dernière prescription, aussi s'est-il promptement répandu grâce à sa simplicité et à son prix modéré.

Communication de M. Cuvelette sur **l'emploi des lampes électriques portatives dans les mines.**

L'auteur décrit les types les plus récents des lampes électriques portatives : Neu-Catrice, Mallet-Parent, Max, Sussmann, etc.

Communication de M. Saclier sur **les essais de congélation des explosifs à base de nitro-glycérine.**

L'emploi des dépôts souterrains dont la température est sensiblement constante avait été un grand progrès pour l'exploitation des mines, mais à la suite de la catastrophe d'Aniche, l'administration limita à 100 kg le poids des explosifs à introduire dans les nouveaux dépôts souterrains ; cette limitation à une aussi faible quantité amène à une circulation quotidienne des explosifs sur les voies ferrées et à des manutentions constantes. Ces transports, ces manipulations et l'impossibilité de dégel naturel constituent un danger bien plus grand que celui qu'on a voulu éviter en limitant les dépôts à 100 kg.

C'est sous l'influence de ces considérations que les mines d'Anzin ont entrepris des essais sur le programme suivant :

1° Chercher le point de congélation de la dynamite-gomme ;

2° Le temps que met à dégeler une caisse de 25 kg de dynamite-gomme exposée à un froid de x^o ;

3° Le temps que met à dégeler une caisse de 25 kg de dynamite-gomme gelée à — 10 degrés et exposée dans un milieu à température constante égale à celle des dépôts souterrains de la Compagnie d'Anzin. soit 20 degrés environ.

Les expériences ont indiqué que la dynamite-gomme durcissait légèrement dans ces conditions, mais n'était nullement gelée. De nouveaux essais seront entrepris pour tâcher d'élucider la question au sujet de laquelle des explications plus ou moins satisfaisantes ont été émises.

Communication de M. Cuvelette sur **le sondage de la Compagnie des Mines de Béthune.**

Ce sondage est le plus profond qui ait été fait en France, il a 1 318,75 m. Il a été mené jusqu'à la profondeur de 598,50 m par les procédés Raky et repris au diamant noir à partir de 537 m jusqu'à la profondeur atteinte aujourd'hui.

Le forage par le procédé Raky a été fait à raison de 0,64 m par 24 heures tout compris, ou 0,77 m par jour de travail et 1,51 m par jour de battage.

Le travail au diamant a donné 1,08 m par jour de travail tout compris, 1,34 m par jour de travail et 1,62 m par jour de battage..

Le coût réel total de 395 000 f ressort à 300 f par mètre.

Communication de M. Morin sur **l'amélioration d'aérage obtenue au siège n° 1 de la Société des Mines de Liévin par la création d'un puits spécial de retour d'air.**

La création du puits de retour d'air a amené, dans le travail du ventilateur, une économie de 33 ch utiles ce qui représente à peu près l'intérêt du capital engagé, 800 000 f environ. De plus, le puits n° 1 permet une augmentation de production, sans diminution de sécurité. Aussi, la Société houillère de Liévin se prépare-t-elle à faire la même opération à d'autres sièges ; elle pense que la création de puits spéciaux d'aérage laissant les autres à l'extraction est la meilleure solution pour préparer l'avenir contre les difficultés de l'extraction à grandes profondeurs.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *30 Janvier 1904.*

Étude sur les machines d'extraction à vapeur, par H. Hoffmann.

Progrès récents dans la mesure des hautes températures, par L. H. Schütz.

Poutres continues reposant sur des appuis élastiques, par L. Vianello *(fin)*.

Résultats d'essais et d'exploitation de la station centrale de force de la Compagnie des Tramways Anglo-Argentins, à Buenos-Ayres, par A. Frei.

Cinquième réunion générale de l'Association allemande d'essais des matériaux.

Groupe de Carlsruhe. — Droits et devoirs des industriels avec leur personnel.

Groupe de Poméranie. — Chauffage automatique et sans fumée.

Revue. — État actuel de la question de l'enseignement en Allemagne. — Soudage à la flamme d'acétylène activée par l'oxygène.

N° 6. — *6 Février 1904.*

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite).*

Étude sur les machines d'extraction à vapeur, par H. Hoffmann *(fin).*

Exploitation des usines métallurgiques, par C. Schnabel.

Les droits et devoirs des autorités judiciaires, par E. Katz.

Revue. — Coup d'œil sur l'activité des établissements techniques d'essais en Prusse pendant l'exercice 1902. — Expériences de hâlage sur le canal de Teltow. — Épreuves de résistance sur des tôles provenant de vieilles chaudières.

N° 7. — *13 Février 1904.*

Élévateurs à grains, par M. Buhle.

Expériences sur une installation de force motrice par la vapeur, par K. Vogel.

Les chemins de fer de l'Asie Centrale, par P. Romanow.

Groupe de Cologne. — Responsabilité des entreprises de transport dans les cas d'accidents.

Bibliographie. — Calibrage des cylindres de laminoirs, par A. Brovot.

Revue. — Nouvelles expériences sur la condensation à sec avec extraction séparée de l'air et de l'eau chaude. — Locomotive-tender à grande vitesse pour profils accidentés de Henschel et fils.

N° 8. — *20 Février 1904.*

Bateau transbordeur pour chemins de fer, *Prinz Christian*, construit à Helsingfors, pour la ligne Sjedser-Warnemünde, par W. Kaemmerer.

Elévateurs à grains, par M. Buhle *(suite).*

Grue à vapeur roulante de 3000 kg, construite par la fabrique de chaudières et gazomètres, précédemment A. Wilke et Cie, à Brunswick, par R. Mollier.

Circulation de la vapeur dans les turbines motrices, par A. Koob.

Groupe de Hanovre. — Nouveaux progrès dans les petites installations d'éclairage. — Emploi de l'oxygène comprimé.

Groupe de la Haute-Silésie. — Construction du tunnel de Bosruck.

Bibliographie. — L'électricité dans les villes, par O. von Miller. — Comptabilité des ateliers, par R. Grimshaw.

Revue. — Les écoles techniques supérieures de l'Allemagne pendant le semestre d'hiver 1903-04. — Le sous-marin *Protector.* — Bateau de passage avec chauffage au pétrole. — Touage électrique sur le canal de l'Erié.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Les Ports Maritimes de l'Amérique du Nord sur l'Atlantique (1), par MM. le Baron Quinette de Rochemont, Inspecteur général, et H. Vetillart, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées. III. *Les Ports des Etats-Unis.*

MM. le Baron Quinette de Rochemont et Vetillart viennent de faire paraître le troisième volume de leur important ouvrage sur les Ports de l'Amérique du Nord.

Ce troisième volume, accompagné de planches, est un travail considérable : il donne les renseignements les plus complets sur ces ports : situation géographique et hydrographique, sur les accès, les communications par eau et par chemin de fer avec l'intérieur, l'importance commerciale, l'administration, le pilotage, la police, le service sanitaire, les quarantaines, sur les travaux d'amélioration et d'accès exécutés depuis leur origine, leur description depuis le plus grand bassin jusqu'au plus petit wharf, avec leurs dimensions et tirant d'eau, les dépenses occasionnées par les travaux, les moyens employés pour les exécuter et ceux pour les entretenir. Les dragues à cuillère, à mâchoires et à succion sont décrites avec les prix de revient des travaux exécutés par elles. L'outillage pour l'exploitation, les magasins, les élévateurs à grains, les installations terminales des chemins de fer, les appareils de radoub sont renseignés avec le plus grand soin.

Enfin les tarifs des droits, les taxes et frais divers sont minutieusement indiqués.

Comme nous l'avons dit en commençant, cet ouvrage est un travail très considérable, et qui sera consulté avec le plus grand profit par les ingénieurs, marins et commerçants s'occupant des questions de ports.

L. Coiseau.

Résistance des matériaux appliquée aux constructions. *Méthodes pratiques pour le calcul et la statique graphique.* — Tome Ier : *Principes de statique graphique. Poutres droites et charpentes métalliques sur deux appuis. Passerelles et ponts métalliques. Réglementation* (2), par M. E. Aragon, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur d'études de ponts et charpentes métalliques.

Cet ouvrage fait partie d'une importante collection intitulée *Bibliothèque du conducteur de travaux publics*, éditée par la maison Dunod, et

(1) In-8°, 245 × 155 de 607 p. avec atlas 380 × 570 de 48 pl. Paris, Vve Dunod, 1904. Prix : broché, 40 f.

(2) In-16, 185×125 de VIII-662 p. avec 382 fig. Paris, Vve Ch. Dunod. 1904. Prix : broché, 15 francs.

qui comprend déjà une cinquantaine de volumes, rédigés, comme celui-ci, par des spécialistes sachant le sujet dont ils parlent et comment il faut le traiter pour le plus grand profit de ceux auxquels ils s'adressent.

M. Aragon insiste, très justement, sur les applications de la statigraphique au calcul des ouvrages métalliques. La deuxième partie de son livre, où il expose les principes de la statigraphique, est des plus remarquables par sa précision et sa clarté; les applications qu'il en fait, dans la quatrième partie, à l'étude des poutres en treillis et des charpentes, répondent à presque tous les cas de la pratique, et sont d'ailleurs faciles à généraliser. Les figures sont très claires, et bien faites pour montrer la facilité et la sûreté avec laquelle ces épures s'appliquent à la résolution rapide de problèmes difficilement abordables par le calcul.

L'ouvrage de M. Aragon peut donc être recommandé comme des plus utiles pour les Ingénieurs qui s'occupent du calcul des ouvrages métalliques.

G. R.

IIIe SECTION

Essais des métaux. — *Théorie et pratique* (1), par M. L. Gages.

M. Gages, dans sa nouvelle publication *Théorie et pratique des essais des métaux*, expose d'abord les théories relatives aux déformations des métaux soumis aux efforts usuels; puis il fait connaître la manière de procéder aux essais qu'exigent les administrations, pour apprécier les qualités du métal, avant de le recevoir.

Ce petit volume de l'Encyclopédie est divisé en deux titres :

Le *Titre Ier* expose les théories se rapportant aux essais de traction, qui sont les plus connus. L'étude de la distribution des déformations dans les corps solides y est ensuite traitée, de façon à éclairer d'un jour nouveau les notions classiques, actuelles, sur l'élasticité.

Le *Titre II* est un aperçu synthétique et raisonné des diverses méthodes d'essai des métaux employés dans la pratique, que ces essais soient exécutés par le producteur lui-même, ou qu'ils soient exigés par le consommateur, au cours ou à la fin de l'élaboration du métal qu'il veut utiliser.

En résumé, les lecteurs trouveront, dans ce petit volume, les règles pour les essais des métaux et la définition des unités qui doivent servir de terme de comparaison pour ces essais, ainsi que les notions diverses qui leur seront le plus utiles pour cet objet.

G. de Retz.

(1) In-8°, 190 × 120 de 168 p., avec 19 fig. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie. Prix : broché, 2 fr. 50.

Les moteurs à essence pour automobiles (1), par L. Marchis, professeur adjoint de physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux.

L'auteur s'est donné la tâche d'exposer, devant les auditeurs de la Faculté des Sciences de Bordeaux, les problèmes mécaniques les plus à l'ordre du jour; après ses leçons sur les *moteurs d'automobiles et les applications industrielles de l'alcool au chauffage, à l'éclairage et à la force motrice*, il a développé des leçons sur les *moteurs à essence pour automobiles*, auxquelles l'Académie des Sciences décernait récemment le prix Plumey; enfin, cette année même, il étudie la *navigation aérienne*, ce qui m'a donné la bonne fortune d'entrer en relations avec lui.

Cette heureuse innovation valait la peine d'être signalée ici, d'autant plus que le distingué professeur ne traite pas ces sujets *ex cathedrâ*, mais avec le constant souci de dégager les renseignements utiles à l'industriel, de montrer ou de faire entrevoir, avec une grande simplicité, les liens qui existent entre la pratique et la théorie.

Dans l'ouvrage qui nous occupe, les moteurs sont surtout examinés au point de vue expérimental, eu égard soit à la puissance indiquée (appareil Hospitalier et Carpentier, appareil Mathot), soit à la puissance effective (moulinet du colonel Renard). Au chapitre du refroidissement, le mode de construction des radiateurs est soigneusement décrit. Au chapitre de la distribution, M. Marchis détermine les cas où la soupape d'admission doit ou ne doit pas être commandée, ainsi que les diverses combinaisons pour assurer la commande. L'échappement, la régulation retiennent ensuite son examen. Tout un chapitre est consacré aux réservoirs et à la tuyauterie, ainsi qu'aux règles empruntées à un récent travail de M. Bochet, pour éviter les accidents provenant de la mauvaise construction de ces parties de la voiture. L'alimentation, la description des principaux types de carburateurs, l'importante question de l'allumage font l'objet des chapitres suivants.

L'auteur termine par une étude, ou, plus exactement, par un essai sur les méthodes d'équilibrage, avec applications à divers moteurs à un, deux, trois et quatre cylindres. Quant aux vibrations des bâtis des machines et des châssis d'automobiles, il s'en tient à indiquer quelques principes de mécanique qui pourraient servir à les étudier; je signalerai les oscillations propres d'un système amorti, dont l'équation différentielle est :

$$M\frac{d^2y}{dt^2}+b^2\frac{dy}{dt}+a^2y=o.$$

L'intégrale générale me semble devoir être rectifiée comme suit :

$$y=Be^{-\frac{b^2t}{2M}}\sin\left[\frac{t}{M}\sqrt{a^2M-\frac{b^4}{4}}-\beta\right].$$

En résumé, excellent ouvrage, qui avait sa place toute marquée à notre Bibliothèque, et que voudront consulter nombre de nos collègues.

R. Soreau.

(1) In-8°, 255×165 de xv-470 p., avec 231 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 15 f.

IVe SECTION

La Sidérurgie anglaise et la Fonte de fer, par M. F. Schmitz, Ingénieur, Directeur des Fonderies de Tusey (Meuse). — 1850-1885.

L'ouvrage manuscrit de M. Schmitz est le résultat d'un travail consciencieux en vue de réunir nombre d'observations pratiques et de données expérimentales pour aider judicieusement aux recherches du Constructeur et du Métallurgiste. Il offre un réel intérêt, par les documents qu'il renferme, pour ceux qui ont à produire ou à employer des fers spéciaux et pour ceux qui ont à conduire des Fonderies de fonte ou de bronze, pour pièces mécaniques ou reproduction d'œuvres d'art.

La première partie est consacrée à l'exposé des procédés de fabrication des bandages et essieux de locomotives et de wagons, des ancres et des arbres des roues des machines à vapeur marines et des tôles pour chaudières, qui composent la catégorie des pièces en fer exigeant un métal parfaitement sain et très résistant pour donner toute sécurité. C'est le Journal de voyage de l'auteur à la suite des visites qu'il a faites dans les usines anglaises de Loow-Moor, près Bradfort, dans le Yorkshire, de Bolton, Schelton, Typton, Russel-Hall, West-Bromwick, Harécastle, Tunstall, Wednesbury dans le Lancashire et le Staffordshire, et de Scheffield; dans les usines de Seraing, en Belgique, et d'Eschwaler-Ane en Prusse Rhénane.

Quoique l'acier extra-doux et le fer fondu tendent de plus en plus à remplacer dans les constructions métalliques et les pièces mécaniques le fer puddlé et forgé, il n'est pas inutile pour le métallurgiste de connaître les méthodes de travail, qui permettaient d'obtenir un bon métal Fer.

Les renseignements recueillis par M. Schmitz dans les diverses usines sont présentés avec les plus minutieux détails pratiques et accompagnés de nombreuses figures, en faisant ressortir avec soin les avantages des procédés employés pour fabriquer le métal et plus particulièrement pour le travailler.

La seconde partie de l'ouvrage, de beaucoup la plus importante, est consacrée à la *Fonte de fer*, que l'auteur a pratiquée avec succès pendant trente-cinq ans, principalement aux Usines de Tusey (Meuse). A côté de quelques données théoriques, nous trouvons groupés, dans les cinq chapitres et un appendice de cette seconde partie, les résultats d'expériences et les observations pratiques notés par M. Schmitz pendant sa longue carrière, et qui seront utiles à consulter pour ceux qui font de la fonderie.

Dans le chapitre premier sont réunis de nombreux essais de résistance et de ténacité des fontes françaises et anglaises et de leurs mélanges. Plusieurs tableaux permettent de comparer les résultats de ces essais. L'auteur s'étend beaucoup sur la qualité des fontes d'Écosse et les avantages à en tirer dans les mélanges avec d'autres fontes de moulage, même de qualité inférieure. Nous devons faire remarquer que la

supériorité des fontes d'Écosse était due à leur composition chimique et à leur teneur en silicium et que, maintenant, des hauts fourneaux français et étrangers produisent des fontes donnant les mêmes résultats.

Le chapitre deuxième est consacré aux données générales de la fabrication des fontes moulées, et traite successivement du retrait de la fonte, de la dépouille des modèles, du rapport entre le poids des modèles et des pièces moulées, de l'emploi des divers sables de fonderie, de la fonte trempée ou coulée en coquille, en un mot de tout ce qui concerne la pratique du moulage et de la coulée des pièces.

Les chapitres troisième et quatrième complètent le chapitre précédent, en exposant, d'une part, tout ce qui se rapporte à l'examen et à la réception des fontes moulées avec indication détaillée de tous les défauts à éviter et de leurs causes, et, d'autre part, le choix judicieux à faire pour les matières diverses nécessaires au fondeur.

Le chapitre cinquième traite d'abord du cubilot, de sa construction, de son fonctionnement, de la combustion dans l'appareil avec calcul des températures développées et calcul théorique de la chaleur nécessaire au fondage, et enfin de la ventilation.

La fin de ce chapitre est consacrée aux alliages métalliques et spécialement aux bronzes ordinaires et au bronze d'art. Après avoir donné les propriétés physiques et chimiques des alliages simples les plus employés industriellement, ainsi que leur préparation et composition, l'auteur indique les précautions à prendre pour le moulage et la coulée de bronzes d'art.

Dans l'appendice, l'étude du cubilot, déjà exposée au chapitre cinquième, est reprise et traitée plus complètement. Elle est accompagnée de la description, avec figures, des principaux types de cubilots employés, tant fixes que portatifs.

Dans une annexe enfin, l'auteur a réuni toute une série de photographies des principales pièces d'art, exécutées à Tusey, en fonte de fer, avec, en regard, leur prix de revient détaillé. Nous relevons, dans cette nomenclature, les fontaines monumentales de la Place de la Concorde, à Paris, le Génie de la Métallurgie et la Rubannerie érigés à Saint-Étienne, la statue du général Margueritte.

Cet ouvrage, quoiqu'il y ait à revoir le classement des documents qu'il renferme, pour les mieux grouper, a le mérite d'avoir rassemblé de nombreux renseignements pratiques, spécialement dans l'art du fondeur, et il serait utilement consulté à côté des ouvrages de théorie pure.

F. C.

Utilisation pratique et complète d'une chute d'eau, pour tous les services d'une exploitation minière (1), par M. Maurice Lecomte-Denis.

Eloignés le plus souvent des bassins houillers, les exploitants de mines métalliques paient fort cher les combustibles qui leur sont néces-

(1) In-8°, 240 × 160 de 94 p., avec 46 fig. Paris, Vve Ch. Dunod, prix, broché : 4 fr.

saires; ils ont tout intérêt, quand ils sont situés en pays montagneux, à mettre à profit l'énergie emmagasinée dans les cours d'eau qui sillonnent la région, pour l'adapter à leurs besoins; c'est ce qu'a fait avec succès M. Lecomte-Denis, et c'est la description de l'installation hydro-électrique dont il a doté les mines de plomb et de zinc argentifères de Saint-Barthélemy-le-Plein (Ardèche) qui fait l'objet d'une intéressante brochure qu'il vient de faire paraître sous le titre : *Utilisation pratique et complète d'une chute d'eau pour tous les services d'une exploitation minière.*

L'étude comprend deux parties; une première a trait aux solutions générales auxquelles il faut recourir pour mettre en valeur une chute dans une rivière à régime éminemment torrentiel comme l'est le Doux, affluent de l'Ardèche, sur lequel a été établie l'usine hydro-électrique créée par M. Lecomte-Denis. Il y passe, à cet effet, successivement en revue l'établissement du barrage de retenue, la construction du canal de dérivation, le pertuis et le radier de chasse, le déversoir, la prise d'eau, le canal d'amenée, la conduite sous pression, les turbines, le canal de fuite, les dynamos et le transport de force.

Cette première partie est accompagnée de considérations, pleines de sens pratique, sur le choix des solutions diverses dont le problème à résoudre est susceptible.

La seconde partie est consacrée à l'application des principes préconisés par l'auteur, c'est-à-dire à l'installation que celui-ci a établie aux mines de Saint-Barthélemy, et le lecteur y trouvera des renseignements très précieux, pouvant être consultés avec fruit pour tout travail de même ordre à exécuter.

A l'étude du captage de la chute, succède celle de son utilisation, la description de l'usine hydro-électrique génératrice, du transport du courant triphasé sous 5 500 volts jusqu'à l'usine réceptrice située à 2 938 *m*, d'où le courant, surbaissé à 120 volts, est distribué dans les circuits d'utilisation, pour les besoins de l'éclairage et de la force : perforation et préparation mécaniques des minerais.

Voilà une excellente application pratique de la houille blanche aux besoins des mines métalliques, pouvant être avantageusement imitée par de nombreuses exploitations minières situées en pays de montagnes; son auteur, en la décrivant, a fait œuvre utile.

H. C.

V[e] SECTION

La préparation des produits chimiques par l'électrolyse (1), par le docteur Karl Elbs, traduit de l'allemand par E. Leriche.

Ce petit ouvrage du savant professeur Elbs, traduit par E. Leriche, vient à son heure, au moment où l'électrolyse pénètre de plus en plus en conquérante dans les usines de produits chimiques ; il sera donc très utile aux chimistes qui veulent se familiariser avec l'électrochimie.

(1) In-8° 225 × 145, de VIII-108 p., avec 8 fig. Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1903. Prix : broché, 4 francs.

Il donne des indications nettes et précises sur les liquides ou électrolytes à employer, sur les électrodes à choisir, les intensités de courant à adopter, pour réussir sans trop de tâtonnements un grand nombre de réactions en laboratoire.

Les exemples choisis sont, dans la chimie minérale, tels que : préparation de l'hypochlorite de sodium, chlorates de potassium et de sodium, en partant du chlorure, — persulfate d'ammonium, en partant du sulfate, — blanc de plomb, en partant du plomb, etc...

Ceux de la chimie organique : préparation de l'éthane, en partant de l'acétate de sodium, éthylène, au moyen du propionate de sodium, — réduction électrochimique des composés nitrés aromatiques, réduction en solution modérément acide, préparation des amines — réduction en solution fortement acide; préparation des dérivés de l'hydroxylamine, — réduction en solution alcaline, préparation des dérivés azotiques et des amines, etc. etc.

Ces exemples, disons-nous, s'appliquent à l'électrolyse par déplacement des acides et des bases, aussi bien qu'aux réactions par réduction et par oxydation. Chacun d'eux est précédé d'une notice bibliographique, fort utile aux chimistes désireux de pousser plus loin leurs recherches dans les livres et nombreuses publications parus sur la matière. Sous ce rapport, cet ouvrage peut rendre de réels services.

Ch. Gallois.

La Théorie Gyrostatique de la Lumière (1), par M. H. Chipart, Ingénieur des Mines.

Cet ouvrage est le développement mathématique de l'hypothèse fondamentale énoncée en 1890, par lord Kelvin : l'éther est un milieu dénué de rigidité élastique et uniquement doué de rigidité gyrostatique. Autrement dit, à l'inverse de ce qui se passe pour les milieux matériels, une déformation sans rotation n'entraine aucun travail des actions intérieures, tandis qu'une simple rotation suffit pour produire une variation du potentiel interne.

On peut imaginer un tel milieu comme étant constitué par un fluide incompressible parfait au sein duquel auraient été créés originairement un ensemble de tourbillons tellement petits qu'il y en aurait un nombre considérable dans tout volume de dimensions comparables aux longueurs d'onde des vibrations lumineuses. Ce milieu serait isotrope, pourvu de rigidité gyrostatique et d'inertie, et cependant impondérable.

Cette théorie donne le mécanisme de la transversalité des vibrations, recherché en vain jusque-là, et est à l'abri des objections soulevées contre la théorie élastique.

Le remarquable mémoire de M. Chipart, qui applique les conséquences mathématiques de ces hypothèses à tous les phénomènes optiques, sera étudié avec le plus grand intérêt par toutes les personnes versées dans la physique mathématique.

E. F.

(1) In-8°, 250 × 165 de 193 p. Paris, Gauthier-Villars, 1904. Prix : broché, 6,50 f.

La Sicurezza e l'igiene dell' operaio nell' industria (1) par l'Ingénieur Effren MAGRINI. Édité à Turin, Casa Editrice Nazionale.

Les questions relatives à la sécurité du travail et à l'hygiène de l'atelier ont pris, depuis quelques années, une importance croissante dans tous les pays industriels. L'ouvrage de M. l'Ingénieur Magrini répond aux préoccupations que font naitre les problèmes complexes et parfois très délicats soulevés par ces questions. L'auteur l'a divisé en trois parties.

La première est consacrée à la *sécurite*. Après un rapide examen de la législation italienne en ces matières, M. Magrini étudie d'abord les mesures protectrices applicables aux organes généraux qui se retrouvent dans toutes les usines, c'est-à-dire les moteurs et les transmissions. Il examine ensuite quelques groupes d'industries spéciales, les industries du bois, les industries textiles, les industries électriques et les industries mécaniques. Cette première partie se termine par l'étude des mesures de protection concernant les ascenseurs et les monte-charges.

Dans la seconde partie, l'auteur passe en revue les problémes d'*hygiène professionnelle*. Il débute, comme précédemment, par un exposé sommaire de la législation. Il étudie ensuite les problèmes de ventilation, éclairage et chauffage des ateliers. Un chapitre spécial est consacré aux poussières industrielles. M. Magrini étudie les dangers qu'elles présentent et signale les divers procédés qui peuvent être employés pour mettre les ouvriers à l'abri de l'action nocive de ces poussières; l'emploi des masques respirateurs, l'élimination par aspiration locale et refoulement dans des collecteurs appropriés, sont examinés successivement. D'autres chapitres sont consacrès à l'enlèvement des gaz et des vapeurs. Enfin, l'auteur aborde l'important et délicat problème des maladies professionnelles qui peuvent résulter de la manipulation des substances contenant du plomb, du cuivre, du zinc, du mercure, de l'arsenic, du phosphore.

La troisième et dernière partie de l'ouvrage de M. Magrini est consacrée aux annexes de l'usine proprement dite. Il y étudie successivement et sommairement la question des habitations ouvrières, des cabinets d'aisances, des postes de secours pour les blessés du travail, des bains et des réfectoires.

De nombreuses figures illustrent cet ouvrage, que consulteront avec intérêt toutes les personnes que ne laisse pas indifférentes l'amélioration des conditions du travail, au point de vue de la sécurité et de l'hygiène.

H. MAMY.

(1) In-8°, 190 × 120 de 284 p., avec 146 fig. Torino-Roma, Roux e Viarengo, 1903.

Précis d'Astronomie pratique (1), par M. P. Stroobant.

L'Encyclopédie scientifique, déjà considérable, des *Aide-mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, chez M. Gauthier-Villars, vient de s'enrichir d'un nouveau volume, consacré à l'Astronomie : *Précis d'Astronomie pratique*, par M. P. Stroobant, astronome à l'Observatoire royal de Belgique, professeur à l'Université de Bruxelles. Dans ce petit ouvrage, l'auteur, sans aborder les développements théoriques et mathématiques incompatibles avec l'étroitesse du cadre qui lui était imposé, a pu traiter d'une façon suffisamment nette et complète les principales questions qui font l'objet de la science astronomique. Les deux premiers chapitres sont consacrés aux généralités et aux notions fondamentales relatives à la sphère céleste, à son mouvement diurne, à la définition des divers systèmes de coordonnées employés pour fixer les positions des astres ou des différents points du globe terrestre; ils se terminent par quelques indications sur les corrections qu'entraine la réfraction atmosphérique dans les mesures des distances zénithales.

Le chapitre suivant donne une description succincte des instruments employés en astronomie : d'abord ceux qui servent à mesurer le temps, pendules, chronomètres et chronographes; puis ceux qui servent à déterminer les directions et les angles, lunette astronomique, cercles divisés, micromètres, horizon artificiel, lunette méridienne avec ses diverses corrections, cercle mural, cercle méridien, équatorial, équatorial coudé, héliostat et sidérostat, etc.

Viennent ensuite l'étude du mouvement apparent du soleil, suivie de quelques courts renseignements sur les dimensions et la constitution de cet astre, et l'étude du mouvement réel de la terre avec ses diverses particularités : variations de l'obliquité de l'écliptique, précession des équinoxes, nutation, etc. Le chapitre VI contient quelques notions sur la mesure du temps par le soleil et sur le calendrier. Au chapitre suivant, on trouve l'étude du mouvement de la lune, les éclipses et occultations. Les deux derniers chapitres sont consacrés à la description de notre système planétaire, aux mouvements des planètes, à leurs satellites, aux comètes et étoiles filantes, enfin à l'univers sidéral, étoiles et nébuleuses.

L'auteur a laissé intentionnellement de côté certaines questions qui rentrent dans le domaine de l'astronomie, mais qui ont déjà fait ou doivent faire prochainement l'objet de publications spéciales dans la même collection : par exemple la spectroscopie, les marées, les chronomètres de marine, les applications à la géodésie, etc.

Ce petit ouvrage pourra donner aux profanes, ne possédant que les éléments des mathématiques, des notions claires et précises sur l'univers qui nous entoure; aux initiés, il pourra servir de mémento, en remettant sous leurs yeux les formules usuelles employées dans la réduction des observations, et leur facilitant l'usage des Tables et des Éphémérides telles que la Connaissance des Temps.

R. Benoit.

(1) In-8°, 190 × 120, de 188 pages avec 40 figures. — Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cie, 1904. Prix : broché, 2 fr. 50.

VIe SECTION

Annuaire technique : les accumulateurs électriques,
par M. H. Rodier (1).

Le premier fascicule de l'*Annuaire technique* est consacré aux accumulateurs électriques. L'auteur, après avoir rappelé les principes d'électrochimie, la théorie des accumulateurs au plomb, leur formation, traite du montage et de l'entretien des batteries. Il termine en donnant les caractéristiques de la plupart des accumulateurs employés dans l'industrie, y compris les plus récents.

Les renseignements contenus dans ces 32 pages, les nombreux schémas qu'elles renferment, permettent de bien augurer de cette publication, qui, si nous en croyons sa table analytique des matières, constituera un formulaire aide-mémoire renfermant, sous une forme concise, tout ce qui peut être nécessaire au monde technique et industriel.

P. S.

Manuel pratique du monteur électricien (2),
par J. Laffargue (7e édition).

Les analyses des précédentes éditions du *Manuel pratique du monteur électricien* ont été déjà publiées dans le Bulletin; mais il nous a paru intéressant de signaler l'apparition de la septième édition.

M. Laffargue, qui est professeur du cours d'électricité à la Fédération des chauffeurs-mécaniciens, a pu, par cet enseignement qu'il pratique depuis plusieurs années, se rendre compte de la juste mesure à observer dans les exposés théoriques.

Il a su se mouvoir, à ce sujet, dans des limites très heureusement choisies, sans exclure ni la précision ni la netteté. Il n'a pas développé les calculs, mais il a très clairement, dans chaque cas, analysé les résultats et les conclusions tirés de la théorie, en prenant soin de renseigner le lecteur sur la portée pratique de ces conclusions.

Nous devons regretter que l'auteur n'ait pas donné à l'étude des courants polyphasés une étendue suffisante. En raison du rapide développement des transports d'énergie à grandes distances, cette étude s'impose dans un manuel de monteur.

Les contremaîtres et monteurs qui désirent s'instruire sur cette importante question, n'ont eu, jusqu'à ce jour, aucun ouvrage dont ils

(1) In-8°, 220 × 330 de 44 p. Paris, 64, rue de la Victoire. Prix : broché, 4,50 f.
L'*Annuaire technique*, formulaire aide-mémoire des Sciences, de l'Industrie, des Travaux publics, rédigé par un Comité d'Ingénieurs, d'Architectes, Constructeurs, Industriels et Jurisconsultes. — Rédaction et Administration, 64, rue de la Victoire. — Un volume de 1 500 pages grand in-8° colombier avec 2 000 figures. Prix : en souscription, 25 f; après publication, 32 f.

(2) In-16, 180 × 130, de 1012 pages avec 688 figures. — Paris, Bernard Tignol.

puissent s'assimiler utilement les développements. C'est une lacune à combler.

En terminant, nous signalons aussi à M. Laffargue l'insuffisance de la table des matières qui rend les recherches difficiles à ceux qui n'ont pas la grande habitude de la classification généralement admise dans les cours d'électricité.

H. Laurain.

Phénomènes fondamentaux et principales applications du courant alternatif (1), par R. Swyngedauw.

Ce livre est la reproduction du cours professé à l'Université de Lille par l'auteur. Il s'adresse surtout à ceux qui connaissant le courant continu dans ses grandes lignes : Ingénieurs, industriels ou étudiants, désirent connaitre les phénomènes fondamentaux et les principales applications du courant alternatif sans avoir à consulter des traités trop spéciaux ou trop volumineux.

Les électriciens eux-mêmes tireront profit de la lecture de cette étude présentée sous une forme simple et très générale, et dans laquelle l'appareil mathématique a été réduit au strict minimum.

P. Schubler.

Traité pratique de traction électrique (2),
par MM. L. Barbillon et G.-J. Griffisch.

Dans un premier volume, les auteurs traitent des généralités relatives aux tracés et à la résistance à la traction, puis ils passent à l'étude détaillée de la voie, de la production et de la transmission de l'énergie, et au matériel moteur et électrique des usines centrales. Ils s'occupent ensuite de la distribution du courant aux moteurs, examinent les divers modes de prise de courant, et terminent ce premier volume par l'étude des moteurs de traction, des équipements électriques et des régulateurs.

Le second volume contient ce qui a trait au matériel roulant, trucks, caisses, freins et accessoires divers.

Les auteurs y présentent d'une manière très complète et fort intéressante l'étude des divers types de tramways urbains, suburbains, interurbains, des chemins de fer électriques, des métropolitains, ainsi que des services spéciaux de traction électrique, tels que les plates-formes mobiles, les chemins de fer monorails, les applications industrielles, minières et la traction sur les canaux.

Vient ensuite la question des automobiles électriques.

Un dernier chapitre renferme un résumé de la législation régissant les applications de la traction électrique.

(1) In-8°, 250 × 165 de xvi-173 p., avec 62 fig. et 3 pl. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 5 francs.

(2) In-8° 285 × 195, pages 753 à 1 530, fig. 515 à 957. Paris, E. Bernard, 1904. Prix : broché, 40 f les deux volumes.

Dans leur ouvrage, MM. L. Barbillon et G.-J. Griffisch ont expos
ces questions si complexes avec méthode et clarté.

Grâce à de nombreux exemples, à l'établissement de projets-types e
à la réunion de données pratiques des plus utiles, leur ouvrage form
un guide et un recueil précieux pour tous ceux qui ont à s'occuper d
traction électrique.

A. Bochet.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 4674-3-04. — (Encre Lorilleux).

E

rature

ux ext

nartem
Amenté

litiqu
au b
.
arten
ment
stite
le.

3.



Fig. 10

HAIX, RUE BERGÈRE, 20 PARIS. — 6108-3-04. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1904

N° 3.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mars 1904, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

Irrigazione della pianura di Orena e Capestrano. Provincia di Aquila (Italia) (in-4°, 300 × 200 de 15 p.) (Don de M. S. Moscardelli). 43172

Revenue Report of the Government of Bengal. Public Works Department, Irrigation Branch for the year 1902-1903 (in-4°, 325 × 200 de 97 p. avec 1 carte). Calcutta, Bengal Secretariat Press, 1904. 43161

Astronomie et Météorologie.

Stroobant (P.). — *Précis d'astronomie pratique*, par Paul Stroobant (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 188 p. avec 40 fig.). Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1904 (Don de l'éditeur). 43128

Chemins de fer et Tramways.

Murphy (M.). — *Report on the Subsidized Railways and other Public Works in the Province of Nova Scotia for year ending September 30, 1903*, by Martin Murphy (in-8°, 245 × 165 de 32-xcii p.). Halifax N. S., Commissioner of Public Works and Mines King's Printer, 1904. 43183

Report of Proceedings of the Master Car Builders' Association 1893, 1895. 1896, 1897, 1899, 1902 (6 vol. in-8°, 230 × 150). Chicago, Ill.. Henri O. Shepard Company. 43146 à 43151

Chimie.

Braun (G. et Ad. fils). — *Dictionnaire de chimie photographique, à l'usage des professionnels et des amateurs*, par G. et Ad. Braun fils (Bibliothèque photographique). *Premier fascicule: Acétates-Argent* (in-8°, 250×165). (Cet ouvrage paraîtra en huit fascicules mensuels de 60 à 70 pages). Paris, Gauthier-Villars, 1904 (Don de l'éditeur). 43152

Sidersky (D.). — *Essais des combustibles*, par D. Sidersky (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 186 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1904 (Don de l'éditeur). 43130

Construction des machines.

Compte rendu des séances du 27e Congrès des Ingénieurs en Chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris en 1903 (in-8°, 255 × 165 de 231 p.). Paris, E. Capiomont et Cie (Don de M. Ch. Compère, M. de la S.). 43126

Gérard (L.). — *Les turbines à vapeur considérées au point de vue des stations centrales électriques*, par Léon Gérard (Extrait du Bulletin de la Société Belge d'Électriciens, tome XX, Novembre 1903) (in-8°, 245 × 160 de 65 p. avec 28 fig.). Bruxelles, F. Vanbuggenhoudt, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43176

Gin (G.). — *Régulateur électrique*, par M. G. Gin (Extrait du Bulletin de la Société internationale des Électriciens. 2e série. Tome IV. N° 32) (in-8°, 285 × 185 de 42 p. avec 30 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43173

Mathot (R.). — *Les moteurs modernes*, par R. Mathot (in-8°, 225 × 165 de 30 p. avec 8 fig.) (Don de l'auteur, M. de la S.). 43135

Têtedoux (P.) et Franche (G.). — *Le graissage industriel*, par Paul Têtedoux et Georges Franche (in-8°, 250 × 165 de 216 p. avec 134 fig.). Paris, E. Bernard, 1904 (Don de l'éditeur). 43177

The Manchester Steam Users' Association. Memorandum by Chief Engineer for the year 1903 (in-8°, 240 × 155 de 63 p.). Manchester, Taylor, Garnett, Evans and C° Limited, 1903. 43175

Éclairage.

Galine (L.) et Saint Paul (B.). — *Éclairage, Huiles, Alcools, Gaz, Électricité, Photométrie*, par L. Galine et B. Saint-Paul. *Deuxième édition* (in-8°, 225 × 140 de 697 p. avec 307 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43156

Économie politique et sociale.

BARRÊME (J.) et BROUILHET (Ch.). — *Exposé d'un Projet d'Union monétaire universelle sur la base du bimétallisme, or et argent*, par M. Jean Barrême. Préface de M. Ch. Brouilhet (in-8°, 240 × 160 de VII-134 p.). Lyon, Imprimerie du Salut public, 1904 (Don de l'auteur). 43131

L'industrie du chiffon à Paris (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Office du Travail) (in-8°, 235 × 155 de 110 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43159

Office national du Commerce extérieur, 3 rue Feydeau (2e arrt). Exercice 1903. Extrait des Rapports présentés au Conseil d'Administration par le Comité de direction. Pièces annexes (in-8°, 235 × 155 de 147 p.) (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes). Paris, Paul Dupont, 1904 (Don du Ministère du Commerce). 43162

Rapports sur l'application pendant l'année 1902 des lois réglementant le travail. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail) (in-8°, 230 × 150 de CLXXXIX-460 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère du Commerce). 43132

ROLIN (H.). — *Les institutions ouvrières des charbonnages de Mariemont et de Bascoup*, par Henri Rolin (Histoire d'un siècle d'efforts pour améliorer la classe des travailleurs) (in-8°, 255 × 175 de 250 p. avec 39 photog., 7 diagrammes et 1 plan des habitations ouvrières). Bruxelles, Émile Bruylant, 1903 (Don de M. Raoul Warocqué). 43168

Électricité.

GAY (A.). — *Les câbles sous-marins. Travaux en mer*, par Alfred Gay (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°. 190 × 120 de 192 p.). Paris, Gauthier-Villars ; Masson et Cie, 1904 (Don de l'éditeur). 43127

GUARINI (É.). — *L'Électricité en agriculture. Conférence faite à la Société Centrale d'Agriculture de Belgique*, par Émile Guarini (in-4°, 280 × 225 de 14 p.). Paris, Édité par l'Éclairage électrique, 1904 (Don de l'éditeur). 43153

SARTORI (E.) et MONTPELLIER (J.-A.). — *La technique des courants alternatifs à l'usage des Électriciens, Contremaîtres, Monteurs, etc.*, par Giuseppe Sartori. Traduit de l'Italien, par J.-A. Montpellier. *Tome premier. Exposé élémentaire et pratique des phénomènes du courant alternatif* (in-8°, 250 × 165 de X-472 p. avec 259 fig.). Paris. Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43155

Enseignement.

LEENER (G. DE). — *La réforme de l'enseignement technique. Rapport présenté dans la séance du 9 février 1904 au Comité d'Études de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels*, par Georges de Leener (in-8°, 240 × 155 de 18 p.). Bruxelles, A. Lesigne, 1904 (Don de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels). 43174

Législation.

Annuaire de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures. Promotions de 1832 à 1903 (in-8°, 225 × 150 de 696 p.). Paris, Siège social de l'Association, 1904. 43157

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle, 6e année 1902. Congrès de Turin, Septembre 1902 (in-8°, 230 × 150 de 224 p.). Paris, H. Le Soudier, 1903 (Don de l'éditeur). 43125

Jurisprudence (n° 3). I. Application de la loi du 9 avril 1898. II. Réglementation du travail (Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 2, pages 39 à 49. Paris, Mars 1904) (in-8°, 245 × 155 de 11 p.). Paris, Chaix 1904 (Don de l'Association). 43182

Métallurgie et Mines.

AGUILLON (L.). — *Législation des mines en France*, par Louis Aguillon. *Nouvelle édition* (Encyclopédie des Travaux publics, fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de 1011 p.). Paris, Ch. Béranger, 1903 (Don de l'éditeur). 43163

AGUILLON (L.). — *Législation des mines française et étrangère*, par Louis Aguillon. *Second tirage augmenté d'un Index alphabétique de la législation française. Seconde partie. Législation étrangère* (Encyclopédie des Travaux publics fondée par M.-C. Lechalas) (in-8°, 250 × 165 de 522 p.). Paris, Armand Colin et Cie, 1891 (Don de M. Ch. Béranger). 43164

AURELI (A.). — *La Pratica della Fonderia* di Aurelio Aureli. *Trattato sulla produzione dei getti in ghisa* (Tecnologia industriale) (in-8°, 235 × 165 de xxx-756 p. avec 528 fig.). Milano, Ulrico Hoepli, 1904 (Don de l'éditeur). 43184

BROUGH (B.-H.). — *Lecture on the World's Iron ore supplies* (synopsis) by Bennett H. Brough (Reprinted from the Journal of the West of Scotland Iron and Steel Institute) (in-8°, 215 × 140 de 12 p.). Glasgow, William Asher (Don de l'auteur). 43169

Statistique de l'Industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie, pour l'année 1902 (Ministère des Travaux publics. Direction des routes, de la Navigation et des Mines. Division des Mines) (in-4°, 305 × 240 de xii-280 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère des Travaux publics). 43122

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

EIFFEL (G.). — *Projet d'aérodrome à la Tour Eiffel*, par G. Eiffel. *Avant-projet présenté à la Commission d'aérostation scientifique de l'Aéro-Club* (in-4°, 315 × 240 de 12 p. avec 2 pl.). Paris, L. Maretheux (Don de l'auteur, M. de la S.). 43171

KRAUS (J.). — *Projet d'amélioration du port de Valparaiso*, par J. Kraus. Traduit et publié par ordre du Gouvernement du Chili (in-4°, 390 × 210 de xx-398-34 p. avec 3 atlas format 605 × 405). Delft, Van Marken, 1903 (Don de l'auteur). 43137 à 43140

Projet de loi relatif aux Usines hydrauliques sur les cours d'eau non navigables ni flottables présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. Léon Mougeot, Ministre de l'Agriculture (N° 1442. Chambre des Députés. Huitième Législature. Session de 1904. Annexe au Procès-verbal de la séance du 15 janvier 1904) (in-4°, 280 × 225 de 32 p.). Lille, Lefebvre-Ducrocq (Don du Syndicat professionnel des Usines d'Électricité). 43178

Périodiques divers.

Journal Officiel de la République Française. Tables alphabétiques et analytiques de 1903 (in-4°, 330 × 240 de 109 p., 15 p., 5 p., 38 p. et 14 p.). Paris, Imprimerie des Journaux Officiels. 43170

Paris-Hachette. Annuaire complet commercial, administratif et mondain. 8e année 1904 (in-16, 200 × 140 de 132 p., 1008 p., 576 p., 612 p., 304 p., xx p., avec un plan de Paris). Paris, Hachette et Cie. 43167

Physique.

MAHLER (P.). — *La valeur de la flamme des combustibles*, par P. Mahler (Extrait de la Revue universelle des Mines, etc., tome V, 4e série, page 1, 48e année 1904) (in-8°; 240 × 160 de 16 p.). Paris, H. Le Soudier (Don de l'auteur, M. de la S.). 43154

Sciences Mathématiques.

BOULAD (F.). — *Théorie géométrique de la flexion des pièces comprimées*, par F. Boulad (brochure 315 × 215 de 24 p. avec 8 pl. autog.). Paris, H. Roques, 1903 (Don de Madame Vve Ch. Dunod). 43123

GAGES (L.). — *Essais des métaux. Théorie pratique*, par L. Gages (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 168 p. avec 19 fig.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1904 (Don de l'éditeur). 43129

Hettner (G.). — *Alte mathematische Probleme und ihre Klärung im neunzehnten Jahrhundert. Rede zur Feier des Geburtstages Seiner Majestät des Kaisers und Königs Wilhelm II. in der Halle der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin am 26. Januar 1904* gehalten von dem zeitigen Rector G. Hettner (in-8°, 270 × 195 de 18 p.). Berlin, Denter und Nicolas (Don de Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin). 43133

Jordan (C.). — *Cours d'analyse de l'École Polytechnique*, par M. C. Jordan. *Deuxième édition entièrement refondue. Tome premier. Calcul différentiel. Tome deuxième. Calcul intégral. Tome troisième. Calcul intégral. Équations différentielles* (3 vol. in-8°, 230 × 140 de xx-612 p., xviii-627 p. et xii-542 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1893. 1894. 1896. 43179 à 43181

Ruff (F.). — *Manuel de renseignements pour calculs statiques* (Statique éclair) par François Ruff (in-8°, 190 × 125 de 150 p. avec 160 fig.). Paris, Schleicher frères et Cie, 1904 (Don de l'auteur). 43158

Technologie générale.

Annuaire technique. Formulaire Aide-Mémoire général des Sciences, de l'Industrie et des Travaux publics. Rédigé par un Comité d'Ingénieurs, Architectes, Industriels et Jurisconsultes; sous la direction générale de Henri Rodier. *Accumulateurs électriques* (in-8, 220 × 330 de 44 p.). Paris, 64, Rue de la Victoire (Don de M. H. Rodier). 43124

Franche (G.). — *Manuel de l'Ouvrier mécanicien. Cinquième partie. Boulons, rivets, chaudronnerie*, par Georges Franche (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 98) (in-16, 180 × 125 de 156 p. avec figures 407 à 573). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 43165

P. C. M. Association des Ingénieurs des Ponts et chaussées et des Mines. 2e Annuaire 1904. Projet d'un Bulletin du P. C. M. Tournées en préparation. Procès-verbal de l'Assemblée générale du 23 Janvier 1904. Statuts. Règlement intérieur. Comité d'administration et siège social. Liste des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines. (in-8°, 215 × 135 de 46 p.). Paris, Imprimerie Jousset (Don de M. Guinard, Président de l'Association). 43166

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers. Vol. XXIV, 1903 (in-8°, 260 × 175 de xxv-1563 p. avec 307 illustrations). New-York City. Published by the Society, 1903. 43134

Transactions of the Engineering Society of the School of Practical Science. Toronto. N° 16. 1902-1903 (in-8°, 220 × 150 de 162 p.). Toronto, The Carswell C° Limited, 1903. 43160

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées. 1re Partie. Mémoires et documents. 73e année. 8e série. Tome XI. 1903, 3e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 324 p. avec pl. 28 à 35). Paris, E. Bernard. 43136

HÉNARD (Eug.). — *Études sur les transformations de Paris*, par Eug. Hénard. *Fascicule 1. Projet de prolongement de la rue de Rennes avec pont en X sur la Seine* (in-8°, 240 × 155 de 24 p.). — *Fascicule 2. Les alignements brisés. La question des fortifications et le boulevard de Grande-Ceinture* (in-8°, 240 × 155 pages 25 à 58) — *Fascicule 3. Les grands espaces libres. Les parcs et jardins de Paris et de Londres* (in-8°, 240 × 155 pages 59 à 96) — *Fascicule 4. Le Champ de Mars et la Galerie des Machines. Le parc des sports et des grands dirigeables* (in-8°, 240 × 155 pages 97 à 131). Paris, Librairies-Imprimeries réunies, 1903, 1904 (Don de l'auteur). **43142 à 43145**

Voies et Moyens de communication et de transport.

ARNODIN (F.). — *La traversée de la Manche. Pont ou Tunnel? Rapport fait à la Chambre de commerce d'Orléans et du Loiret*, par F. Arnodin, l'un de ses membres (in-8°, 240 × 155 de 16 p.). Orléans, Hôtel de la Chambre de commerce, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). **43141**

PORTEFEUILLE INDUSTRIEL

1re SECTION : **Travaux publics et privés.**

Construction d'un port à Quinéville (Manche). (4 plans). (Don de M. F. Guillon, M. de la S.). **1**

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars **1904**, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

A.-J.-J. Besse,	présenté par MM.	Couriot, Chabalier, Richard.
F.-A.-F. Boilaert,	—	Couriot, Boudenoot, de Gennes.
W.-L.-Ch. Bourgain,	—	Bousquet, Cauvet, Reymond.
H.-P.-M. Brunet,	—	L. Francq, A. Sée, Wauquier.
L.-E.-E. Chevalet,	—	Bergeron, Franck de Préaumont, Soreau.
A.-A. Collombier,	—	A. Gouvy, J. Hebert, Mariez.
P.-W.-F. Cureau,	—	Couriot, Mouchelet, Neveu.
H. Doassans,	—	Bassères, Bécard, Bertrand de Fontviolant.
L.-L.-J. Forquenot,	—	Boudenoot, Arbel, Gruner.
E.-E.-P. Hannebicque,	—	Canet, Geny, Schneider.
J. Jardel,	—	Couriot, Boudenoot, Bel.
E.-L. Lapersonne,	—	Butin, Jeunet, Taupiat-de Saint Simeux.
Ch.-L. Lorin,	—	Chollet, Hillairet, Picou.
L.-E.-A. Martin,	—	Campagne, Rigolage, Schuhler.
Ch. Moreau,	—	Aug. Moreau, Chagnaud, Groselier.
A.-A. Morel,	—	L. Francq, Gauthier-Lathuille, Savy.
P.-L.-H. Pellet,	—	F. Delmas, Fischer, Morand.
L.-A. Poussigue,	—	Couriot, Boudenoot, Bel.
J.-A. Rey,	—	Bochet, Dehenne, Harlé.
L.-Ch.-F.-M. Rith,	—	P. Buquet, G. Canet, G. Eiffel.
E.-A. Roux,	—	Ch. Baudry, Bailloud, Max.
G.-E. Sautter,	—	Bochet, Dehenne, Harlé.
A.-A.-J. Sigros,	—	A. Moreau, Bernheim, Vernes.
J.-P. Vandenbosch,	—	L. Francq, Gauthier-Lathuille, A. Sée.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1904

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 MARS 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de ;

M. P.-J. Delage, ancien Élève de l'École Centrale (1870), Membre de la Société depuis 1877, Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle :

M. G. Vulliet-Durand, Membre de la Société depuis 1901, Ingénieur électricien, constructeur d'appareils de levage;

M. Ory, Paul-Étienne, ancien Élève des Écoles d'Arts et Métiers (1857), Membre de la Société depuis 1868, Chevalier de la Légion d'honneur, Administrateur des Services civils de l'Indo-Chine.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par les deuils qui les frappent, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes. Ont été nommés :

Officier d'Académie : M. E. Krieg;

Chevalier du Mérite agricole : M. E. Borderel;

Grand Officier de l'Ordre du Cambodge : M. L. Francq;

M. A. Maury a été nommé Membre du Comité des Travaux publics des Colonies.

L'Institut Royal Lombard des Sciences et des Arts a accordé une somme de 500 *f*, à titre d'encouragement, à M. Canovetti, pour ses recherches sur l'aviation.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose, sur le Bureau, la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

M. Raffalovich, Président de la Chambre de Commerce russe à Paris, a fait connaître à la Société la constitution, sous la présidence de Mme de Nelidow, ambassadrice de Russie en France, d'un Comité de dames ayant pour but de secourir les blessés russes de la guerre.

Toute offrande sera reçue à l'ambassade avec gratitude, et ce Comité sera particulièrement reconnaissant des dons d'un caractère nettement utile et pratique.

Une Exposition internationale aura lieu à Nantes de mai à septembre de l'année présente.

L'Exposition d'Arras doit s'ouvrir dans les premiers jours de mai. A cette occasion, M. le Président fait connaître qu'il prépare l'organisation d'une excursion dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, au cours de laquelle on visiterait les principales installations minières de ce bassin.

Cette excursion aura lieu dans la seconde quinzaine de mai. Une circulaire ultérieure donnera les détails nécessaires.

Il est donné lecture d'une lettre de M. L. Sekutowicz, signalant deux erreurs dans l'étude qu'il a présentée et qui a paru dans le Bulletin de septembre 1903 sur *la Transmission de la chaleur dans les appareils d'évaporation à multiple effet*. Ces deux erreurs sont les suivantes :

1° Ignorant l'existence d'un travail de M. Claassen sur *l'effet des vapeurs contenant de l'air dans les appareils d'évaporation*, M. L. Sekutowicz a dit que l'influence de la présence de l'air n'a pas été suffisamment élucidée. En réalité, les recherches de M. Claassen ont, au contraire, tranché à peu près complètement la question ;

2° Sur la foi d'une traduction incomplète des comptes rendus du Congrès de Chimie appliquée tenu à Berlin, en 1903, il a été dit que M. Claassen avait voulu présenter à ce Congrès une théorie précise des phénomènes d'évaporation basée sur les recherches d'Austin.

Du texte allemand *in extenso*, il résulte, au contraire, que M. Claassen a seulement voulu donner un aperçu général, d'ailleurs très clair, de ces phénomènes.

M. M. Dibos a la parole pour sa communication sur *les Scaphandres*.

M. M. Dibos expose les phases diverses de la genèse des appareils plongeurs depuis Aristote jusqu'aux scaphandres Rouquayrol, Denayrouse et Ch. Petit, dont on se sert universellement aujourd'hui.

Le conférencier montre, avec de nombreuses projections, les utiles applications de ces inventions remarquables pour les recherches et travaux sous-marins. Il insiste sur les dangers de la décompression trop rapide, en se reportant aux savantes études de Paul Bert, et détermine des lois pour la descente et la remonte aux grandes profondeurs.

Un aperçu sur les toutes récentes inventions des scaphandres destinés à opérer par des fonds de près de 100 *m* est donné, et une description des engins lumineux électriques aptes à produire une zone de clarté convenable aux explorations sous-aquatiques est fournie par M. Dibos.

De nombreux modèles, grandeurs d'exécution, et des maquettes servaient à la démonstration.

M. le Président, remerciant M. Dibos, fait remarquer combien sont notables les progrès apportés aux appareils de sauvetage appelés à rendre de si grands services dans des circonstances malheureusement trop nombreuses.

M. G. Arachequesne a la parole pour sa communiation sur l'*Entrée de la Synthèse chimique dans le domaine industriel.*

M. G. Arachequesne rappelle d'abord que, pendant une période fort longue, la chimie organique n'a pu procéder que par analyse.

C'est au savant français Marcellin Berthelot que revient l'honneur d'avoir fait la première synthèse organique, celle de l'alcool.

Il fallait quatre réactions successives: la première unissait le carbone et l'hydrogène et produisait de l'acétylène; la seconde formait l'éthylène en présence de l'acétylène et de l'hydrogène naissants. Ensuite, on combinait l'acide sulfurique à l'éthylène, pour obtenir l'acide sulfovinique et l'on décomposait, enfin, ce dernier produit, au contact de l'eau, obtenant ainsi de l'alcool et de l'acide sulfurique, une molécule d'eau s'étant combinée à l'éthylène.

C'est la même série d'opérations que la Compagnie Urbaine d'Éclairage par le gaz acétylène effectue aujourd'hui industriellement.

Grâce à des recherches patientes, on a pu trouver un mélange d'oxydes permettant d'obtenir un carbure qui, dans les gazogènes habituels, fournit de l'éthylène, réunissant ainsi les deux premières opérations.

Pour fabriquer l'acide sulfovinique, on chasse ensuite par une pompe l'éthylène au travers de sortes de flacons de Woolf, en plomb, et contenant de l'acide sulfurique.

Il suffit ensuite de verser l'acide sulfovinique dans l'eau, puis de distiller le produit obtenu, pour séparer l'alcool.

Dans la pratique, il faut encore reconstituer le carbure métallique en faisant passer à nouveau, au four électrique, les oxydes précipités dans le gazogène et concentrer à nouveau l'eau acide pour recueillir l'acide sulfurique.

Différentes précautions ont permis d'éviter la production de corps étrangers, acide acétique, cyanures, etc. Il reste un mélange d'alcool et d'éther, faciles à séparer.

M. Arachequesne déclare que l'alcool, ainsi produit industriellement, revient bon marché. Pour évaluer la valeur du carbure éthylogène qui sert de départ à cette fabrication, on peut prendre, comme point de comparaison, celle du carbure de calcium, qu'il évalue à moins de 100 *f* la tonne, car il ne faut pas oublier que ce prix est majoré, en France, par la redevance des brevets Bullier.

L'expérience a permis, en outre, d'estimer la dépense de coke qui fournit le carbone à moins de 200 *kg* par hectolitre d'alcool; on arrive ainsi, avec la dépense de concentration de l'acide, au total de 5,25 *f* à 6,50 *f* par hectolitre d'alcool, auxquels il faut ajouter le prix de revient du courant électrique.

Il est évident qu'il ne faut chercher à faire de l'alcool artificiel que là où l'on dispose de houille blanche à bon marché.

M. Arachequesne affirme que, dans ces conditions, le prix de revient

de l'alcool synthétique permet à celui-ci d'entrer en concurrence avec les alcools d'origine végétale, au bénéfice surtout des industries employant l'alcool comme matière première et dans l'intérêt général en France, puisque, dans ce pays, nous sommes largement tributaires de l'étranger, pour tous ces produits industriels.

M. Arachequesne signale d'autres synthèses industrielles qui ont été réalisées, celle de la benzine, celle de l'acide acétique, celle de l'acétone, des différents dérivés de l'éthylène : les chloroformes, iodoformes, bromoformes, etc. Il cite les expériences de M. Walther, qui a obtenu la synthèse du glucose ; celles d'une puissante Société allemande qui poursuit la fixation de l'azote atmosphérique, la synthèse du camphre, etc., et conclut en admirant combien l'outil puissant que constitue le four électrique a contribué à l'entrée, dans le domaine industriel, de la synthèse chimique. Elle permettra d'obtenir artificiellement un grand nombre de produits aujourd'hui extraits, à grands frais, des matières organiques, ou de transformer ces derniers.

M. L. Guillet, tout en reconnaissant l'importance de la communication de M. Arachequesne, regrette que l'auteur ne se soit pas fait l'historiographe de la question de la synthèse industrielle, étant donné le titre de cette communication : *De l'entrée de la synthèse chimique dans le domaine industriel.*

Dans toutes les parties de l'industrie chimique, la synthèse est triomphante : dans la grande industrie, avec les fabrications de l'anhydride sulfurique et de l'acide azotique ; dans l'industrie des petits produits inorganiques, avec les préparations du peroxyde de sodium, des cyanures alcalins, etc. Dans l'industrie organique, les exemples abondent : ne suffit-il pas de rappeler la synthèse de l'alizarine qui, se substituant à la garance, a ruiné plusieurs de nos départements, et celle, plus récente, de l'indigo.

La synthèse industrielle de l'alcool ne constitue nullement, comme semble le dire M. Arachequesne, l'entrée de la synthèse dans le domaine industriel. C'est une nouvelle victoire, des plus brillantes et même des plus françaises, mais ce n'est qu'un nouveau pas fait en avant.

M. Arachequesne répond que la synthèse de l'alcool est la seule synthèse organique qui réellement part des éléments, à quoi M. Guillet objecte que les oxydes métalliques ne sont pas des éléments.

M. Cahen-Strauss déclare que le carbure de calcium revient à 200 fr. la tonne et ne se vend pas moins de 300.

Différents membres donnent à ce sujet des avis contradictoires, notamment M. Ferré, qui affirme qu'en Italie on peut se procurer du carbure de calcium de 90 à 95 francs la tonne.

M. le Président, tout en regrettant que des retards de prise de brevets n'aient pas permis à l'auteur d'exposer complètement la question de la synthèse de l'alcool, remercie M. Arachequesne de sa très intéressante communication ; il dit que le siècle écoulé a été, au point de vue de la chimie, le siècle de l'analyse, et que celui qui s'ouvre devant nous doit être celui de la synthèse ; il souhaite que cette dernière passe, de plus en plus, du laboratoire dans l'industrie.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-A.-J. Besse, F.-A.-F. Bollaert, W.-L.-Ch. Bourgain, L.-E.-E. Chevalet, P.-W.-F. Cureau, L.-L.-J. Forquenot, H. Doassans, E.-P.-E. Hannebique, J. Jardel, Ch.-L. Lorin, E.-A.-L. Martin, P.-L.-H. Pellet, L.-A. Poussigne, comme Membres sociétaires titulaires ;

MM. H.-P.-M. Brunet, A.-A. Collombier, E.-L. Lapersonne, Ch. Moreau, A.-A. Morel, J.-A. Rey, Ch. F.-M.-L. Rith, E.-A. Roux, G.-E. Sautter, A.-A.-J. Sigros, P.-J. Vandenbosch, sont admis comme Membres sociétaires titulaires.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

Le Secrétaire technique de service,
J. Deschamps.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 MARS 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La Séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de :

M. J.-J. Garnier, Membre de la Société depuis 1868, Chevalier de la Légion d'Honneur, Membre d'Honneur de la Société Géologique de l'Afrique du Sud, ancien Ingénieur des Mines du Gouvernement à la Nouvelle-Calédonie, Membre du Comité en 1886. M. Garnier ne s'est pas seulement fait remarquer comme Ingénieur du Gouvernement à la Nouvelle-Calédonie, mais il a fait œuvre utile et féconde dans la colonie en y découvrant le minerai de nickel auquel a été donné le nom de garniérite et en en créant le traitement métallurgique.

M. J.-C.-J. Lecherf, Membre de la Société depuis 1858, a été Chef du matériel fixe et des stations au Chemin de fer des Ardennes;

M. J.-P.-A. Léger, Ancien élève de l'École Centrale (1862), Membre de la Société depuis 1871, Ancien Président de la Société des Sciences Industrielles et de la Société d'Agriculture de Lyon, Prix annuel de la Société en 1876, Prix Nozo en 1879;

M. L.-G. Louisse, Ancien Élève de l'École Centrale (1868), Membre de la Société depuis 1885, Ingénieur Civil.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par les deuils qui les frappent, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Il expose que des premiers dons de dessins ont été faits pour le portefeuille, les noms des donateurs seront mentionnés sur la liste des publications offertes à la Société; il insiste pour que les membres de la Société contribuent à enrichir ce portefeuille, qui renfermera des documents très précieux pour les membres assistants.

M. le Président signale un don de 375 f fait, pour le Fonds de secours, par M. F. Bollaert, Membre récemment admis. Il le remercie bien vivement au nom de la Société.

A ce sujet, M. le Président rappelle combien il serait utile que le Fonds de secours fût plus largement doté, en présence des nombreuses infortunes que la Société est trop souvent impuissante à soulager.

C'est dans le but d'augmenter les crédits nécessaires que le Comité a décidé, dans une récente séance, d'organiser une fête au profit du Fonds de secours. M. le Président ne doute pas que les Membres de la Société ne tiennent à participer à cette œuvre charitable et à la faire connaître dans leur entourage, afin que la Société dispose des ressources nécessaires pour venir en aide particulièrement à ceux de ses membres qui ne font pas partie des associations amicales des grandes écoles, et qui peuvent accidentellement se trouver dans une pénible détresse.

M. A. Brancher a la parole pour sa communication sur la *Sténodactyle Lafaurie*.

Cette machine à sténographier se compose d'un bâti en bronze d'aluminium, supportant un clavier à dix touches, cinq touches pour chaque main, et disposées de façon que les doigts y trouvent naturellement leur place. Des leviers sans articulations, rigides, évitant le bruit, impriment des chiffres, simultanément, à la même hauteur, sur une bande de papier plus large que celle habituelle aux appareils Morse, et un cliquet fait avancer ce ruban, enroulé sur deux rouleaux et maintenu par des tendeurs.

L'on obtient, avec cette machine, des vitesses de deux cents mots à la minute, en se servant d'une notation spéciale des sons. Chaque contact, grâce à un alphabet spécial, donne une syllabe. C'est donc une écriture phonétique, qui ne tient pas compte de l'orthographe.

Cette sténographie imprimée présente le grand avantage de pouvoir être lue, à première vue, par n'importe quelle personne connaissant l'alphabet adopté.

De même, l'on peut disposer l'appareil de façon que les signes apparaissent en saillie sur le papier, ce qui permet aux aveugles d'utiliser la sténodactyle Lafaurie.

Deux appareils sont présentés, sur lesquels différentes expériences ont lieu. Une lecture, faite rapidement, est sténographiée sur l'un des appareils, et lecture en est donnée immédiatement par une autre sténographe présente à la séance, à qui la bande imprimée est transmise.

M. Loeschnigg demande s'il ne pourrait pas être fourni d'explications sur l'alphabet employé.

Ces explications sont immédiatement données.

Les cinq touches de droite correspondent aux cinq voyelles *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, et, en frappant ensemble deux de ces touches, on peut obtenir tous les sons composés, comme *eu*, *ou*. De même, en frappant plusieurs plusieurs de ces touches simultanément, on peut obtenir les sons tels que ceux formés par une voyelle suivie d'un *r*, ou les finales nasales.

Les cinq touches de la main gauche permettent, comme celles de la main droite, 31 combinaisons et fournissent les consonnes et certains groupes de consonnes, comme *tr*, *dr*, etc.

On estime qu'il faut environ 1 000 combinaisons pour représenter tous les sons, et, comme on dispose de 31 combinaisons par chaque main, l'ensemble des combinaisons obtenues par les deux mains en fournit 1 023, c'est-à-dire un chiffre plus que suffisant.

L'orateur signale que cet alphabet, basé sur les sons, peut rendre des services tout particuliers pour les langues qui s'écrivent déjà par des méthodes phonétiques; c'est ainsi qu'une personne part actuellement en Orient pour appliquer le sténographe Lafaurie aux langues chinoise, japonaise, malaise, etc.

M. Brancher termine en annonçant le dernier perfectionnement de M. Lafaurie permettant de *sténographier en clair*.

M. le Président fait observer combien ce procédé de sténographie est intéressant, car il permet, avec une simplicité remarquable et une très grande vitesse, d'obtenir une écriture en caractères phonétiques que toute personne initiée peut lire à première vue, lecture mutuelle que l'on n'obtient pas avec la sténographie ordinaire, vu la multiplicité des méthodes sténographiques et l'emploi d'abréviations personnelles, adoptées ordinairement par chaque sténographe.

Il remercie M. Brancher.

M. Jean Rey a la parole pour sa communication sur *la Turbine à vapeur Rateau et ses applications*.

Après un court historique des travaux de M. Rateau, M. Rey expose une classification rationnelle des turbines à vapeur, fixant la catégorie à laquelle se rattache ce système, ainsi que son principe de construction, son mode de fonctionnement et les avantages techniques qu'il présente.

Cette classification est basée sur trois ordres de considérations : le nombre des roues, le mode de parcours du fluide moteur, le mode de travail du fluide.

Des exemples, choisis parmi les principaux systèmes entrés dans la pratique, montrent immédiatement quelles sont leurs dispositions de principe, leurs avantages et leurs inconvénients. M. Rey passe ainsi en revue la turbine de Laval, la turbine Parsons et celles dérivées, la turbine Curtis, etc.

Dans une seconde partie, l'orateur s'est attaché à l'étude et au calcul du rendement des turbines dont il a tout d'abord donné une définition générale. Il montre que le calcul du rendement peut se faire avec une grande exactitude, en partant du rendement hydraulique et en tenant compte des pertes d'énergie dues aux fuites et aux frottements.

Une comparaison, entre la turbine d'action, à groupes de roues et

vitesses étagées (Curtis), et la turbine multicellulaire à pressions étagées (Rateau), montre une première application de cette méthode.

Un certain nombre de projections font connaître ensuite diverses applications des turbines Rateau. La commande des génératrices d'électricité, à courant continu ou à courant triphasé, la commande des pompes centrifuges à grande élévation et celle des ventilateurs-compresseurs, indiquent que le système se prête aux cas les plus variés.

Des machines à courant continu de 500 ch, des alternateurs de 700 et de 1 000 ch, ont été construits pour la commande directe, par turbines, de pompes élevant à plusieurs centaines de mètres et absorbant jusqu'à 600 ch. Enfin, des compresseurs rotatifs, jusqu'à une puissance de 350 ch, comprimant jusqu'à 6 kg, montrent que l'emploi des grandes vitesses n'empêche pas l'application des turbines à des appareils jusqu'ici uniquement réalisés à mouvement alternatif.

M. Rey termine par quelques considérations sur l'emploi des vapeurs à basse pression, source d'énergie entièrement perdue jusqu'ici dans de nombreuses industries, et sur l'application des turbines Rateau à la propulsion des navires, dans la marine française et en Angleterre.

M. le Président félicite M. Rey de la clarté et de la méthode avec lesquelles il a exposé ce sujet difficile et le remercie en même temps de la description qu'il a donnée d'applications très intéressantes de ses turbines.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-P.-L. Bony, E.-C. Guarguilo, M.-J.-P.-L. Heitz, L.-J.-B. Lassalle, A.-J.-H. Olivier, J.-A. Payet, E. Reumaux, A.-T. Tellier, E. Terry, L. Valette, comme Membres Sociétaires Titulaires.

MM. J.-A.-J. Besse, F.-A.-F. Bollaert, W.-L.-Ch. Bourgain, L.-E.-E. Chevalet, P.-W.-F. Cureau, L.-L.-J. Forquenot, H, Doassans, E.-P.-E. Hannebique, J. Jardel, Ch.-L. Lorin, E.-A.-L. Martin, P.-L.-H. Pellet, L.-A. Poussigne, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 10 heures 45 minutes.

Le Secrétaire Technique de service,
J. Deschamps.

CONSIDÉRATIONS

SUR

LES SCAPHANDRES

PAR

M. M. DIBOS

Le scaphandre sert notamment :

1° Aux recherches des richesses englouties au fond de l'eau ;

2° Aux travaux hydrauliques, constructions sous-marines et extraction de roches du fond de la mer ;

3° Aux reconnaissances sous-marines en vue des travaux hydrographiques ;

4° Aux nettoyages des carènes, visite des propulseurs, dégagements de chaînes, cordages, etc. ;

5° Aux réparations des avaries dans la coque des navires flottants, tamponnement des tuyaux de prise d'eau dont le robinet intérieur est avarié, etc. ;

6° Aux renflouages et déséchouages des navires ;

7° A la destruction des épaves en fond d'eau et des embâcles de glace ;

8° Aux repêchages et aux élinguages de tous objets tombés en fond d'eau tels que : ancres, grappins, etc. ;

9° A la pisciculture, à la pêche du corail, des éponges, des perles et de la nacre ;

10° Aux travaux des mineurs torpilleurs sous-marins, etc. ;

11° Aux travaux de fondations en rivière ;

12° Aux réparations des pompes dans les puisards de mines et aux reconnaissances dans les galeries envahies par les eaux souterraines.

Aristote a dit dans ses *Problèmes* : « On facilite la respiration » aux plongeurs, en faisant descendre dans l'eau une cuve d'ai- » rain. Cette cuve ne se remplit pas d'eau, mais conserve l'air » si on la fait descendre perpendiculairement dans l'eau. Si on » penche cette cuve, l'air s'échappe et l'eau la remplit. »

On voit que le grand philosophe grec connaissait le principe

de la cloche à plongeur. Les anciens utilisaient donc cet appareil pour leurs travaux sous-marins. Il n'a pas été transmis de description détaillée de la cloche à plongeur en ce qui a trait à sa construction et dimensions exactes. Il n'est fait mention que d'un tuyau de cuir destiné à renouveler l'air dans la cloche, et de temps en temps.

Il ne paraît pas que jusqu'au XVIII[e] siècle les inventeurs aient produit un appareil vraiment utilisable pour les recherches sous-marines. En 1721, on voit apparaître la cloche de Halley, astronome anglais, qui exécuta diverses tentatives intéressantes.

L'ingénieur suédois Triewald apporta des perfectionnements à l'appareil de Halley, puis l'écossais Spalding construisit une cloche fort bien comprise.

L'ingénieur Smeaton, qui édifia le célèbre phare d'Eddystone, améliora sensiblement l'appareil de Spalding.

Rennie, autre ingénieur anglais, se livra en 1812 à la conception et à la construction d'une cloche présentant de notables progrès.

C'est à peu près le dernier ingénieur qui se soit occupé des cloches à plongeur avant les applications des caissons à air comprimé.

Mais les cloches à plongeur étaient embarrassantes et confinaient les hommes dans un périmètre très réduit d'investigations sous-marines. Cette particularité de recherches purement réduites au diamètre de la cloche à plongeur avait frappé, dès 1721, un ingénieur anglais Lethbridge qui confectionna une sorte de tonneau pour y enfermer un homme.

En 1769, l'abbé de la Chapelle préconisa un habit qui était plutôt un flotteur et qu'il décora du nom de « scaphandre », du grec σκαφη « nacelle » et ανδρος « homme ». Ce nom est resté.

Un allemand, l'ingénieur Klingert, qui résidait à Breslau, en 1797, préconisa une sorte de gaine métallique en cuivre enveloppant la tête et le thorax du plongeur. Deux glaces transparentes étaient placées à hauteur des yeux du scaphandrier et permettaient la vision des objets extérieurs. Deux tuyaux dont les orifices étaient à hauteur du nez et de la bouche amenaient l'air nécessaire à la respiration et entraînaient l'air expiré. Deux plombs étaient accrochés à la ceinture du plongeur et maintenaient celui-ci au fond de l'eau. L'essai qui en fut fait au fond de l'Oder réussit pleinement.

En 1829, le docteur Mhurr tenta, en France, quelques expé-

riences avec un scaphandre de son invention, mais à titre purement scientifique.

En 1830, l'anglais Siebe exécuta des scaphandres qui furent adoptés par la marine française. C'est en 1857 que Cabirol, un français, perfectionna les appareils en usage et se substitua au fournisseur anglais. L'appareil Cabirol a été lui-même perfectionné par MM. Rouquayrol, Ingénieur des Mines, et Denayrouse, lieutenant de vaisseau.

C'est l'appareil Rouquayrol-Denayrouse actuel que nous allons examiner plus particulièrement et tout d'abord.

La hauteur barométrique moyenne étant de 76 cm, la pression atmosphérique est en moyenne sur un centimètre carré de :

$$1 \times 76 \times 13{,}596\ (1) = 1\,033 \text{ g.}$$

Sur le corps humain, dont la surface totale est d'environ 1,5 m^2 ou 15 000 cm^2, la pression exercée par l'atmosphère est donc de 1 033 × 15 000 = 15 500 kg ; mais, d'après les mesures de surface de divers individus, pris dans les tailles et corpulences moyennes, nous sommes arrivés à déterminer que la surface du corps humain atteint près de 15 500 cm^2, par conséquent la pression doit être considérée comme atteignant en moyenne 16 000 kg.

Toutefois, comme la pression supportée par le corps humain baignant dans l'atmosphère terrestre à la surface du sphéroïde et sous pression barométrique de 76 cm de mercure, est équilibrée à l'intérieur du corps de l'homme, nous ne nous apercevons point du port de ce poids énorme.

On sait qu'à une profondeur d'eau de 10 m, la pression sur un objet immergé croît d'une atmosphère. En conséquence, un individu plongé à 10 m de profondeur dans l'eau subit une pression hydraulique de 16 000 kg, venant s'ajouter aux 16 000 kg de la pression atmosphérique, ce qui se totalise par 32 000 kg.

En descendant à 20 m sous l'eau, le scaphandrier subira une pression de 32 000 + 16 000 = 48 000 kg.

S'il parvient à 30 m, le plongeur sera pressé par un poids total de 64 000 kg réparti sur tout son corps immergé.

A 40 m, la pression sera de 80 000 kg.

A 50 m, la pression atteindra 96 000 kg.

A 60 m, cette pression se chiffrera par 112 000 kg !

Mais dans l'eau, étant données la densité de ce liquide par

(1) 13,596 étant le poids spécifique du mercure.

rapport à l'air, et la conformation particulière des organes de la respiration qui ne peuvent admettre que de l'air, il tombe sous le sens qu'avec des pressions aussi déséquilibrées que celles des milieux sous-marins par rapport à l'atmosphère terrestre, la cage thoracique du scaphandrier serait absolument dans l'impossibilité de résister à ces pressions extérieures énormes et la poitrine serait littéralement écrasée. Une méthode d'envoi d'air de plus en plus comprimé au plongeur s'imposait à l'effet d'équilibrer la pression du liquide extérieur, et au fur et à mesure que le scaphandrier gagnait des couches d'eau de plus en plus profondes. Mais il était essentiel de trouver un procédé de réglage d'admission de cet air, afin qu'à l'intérieur des organes respiratoires la pression aérienne ne dépassât point la pression hydraulique.

Si l'excès de pression extérieure est nocif pour le corps humain, l'excès de pression intérieure l'est de même et les plus funestes résultats au point de vue physiologique peuvent découler de ces différences anormales.

Les avantages du scaphandre Rouquayrol-Denayrouse sont les suivants :

1° Par la nature de leurs pompes à joints hydrauliques dont tous les organes sont d'une simplicité extrême : on n'emploie que deux clefs pour le montage et le démontage complets; les visites de la pompe peuvent être fréquentes sans perdre de temps. Les chances d'avaries sont nulles, en raison même de la rusticité des organes;

2° Par l'adjonction d'un réservoir régulateur d'air;

3° Par la construction des tuyaux dont la solidité et la résistance sont à toute épreuve ;

4° Par la forme et la confection de sûreté des habits qui, faits avec les meilleurs tissus, portent en tous les points où la pratique a démontré que l'usure se produit d'abord, des doublures de renforcement, savoir : aux pieds, aux genoux, à l'entre-jambes, aux coudes, aux aisselles;

5° Par la nature de leurs casques et le système de fermeture et d'adaptation des habits sur la collerette. Le casque Denayrouse et la collerette ou pèlerine présentent une simplicité et une sécurité remarquables. En effet, avec les appareils primitifs, la fermeture se faisait en établissant le joint d'une collerette en caoutchouc sur une surface gauche au moyen de pattes courbes et de douze écrous à oreilles, petits et fragiles.

La fermeture du scaphandre Denayrouse a lieu en prenant la collerette entre deux surfaces planes et de forme régulière (un cercle) serrées l'une contre l'autre par trois simples boulons de gros diamètre, à l'abri de toute rupture. Cette fermeture est simple, hermétique, solide quoique un peu longue. Elle supprime la cause de mort la plus fréquente après la rupture des tuyaux d'autrefois. En effet, avec les fermetures dites à baïonnette, il peut arriver, quand les pas de vis sont usés, que le casque se dévisse de lui-même, auquel cas, l'homme est noyé aussitôt.

Elle supprime, en outre, la rupture des écrous à oreilles de la collerette ancienne.

Un perfectionnement remarquable a été apporté, en 1890, sur le système de fermeture du casque Denayrouse, par M. Ch. Petit, concessionnaire des brevets Rouquayrol-Denayrouse.

Il est préférable, pour le travail aux grandes profondeurs moyennes, 20 à 35 m, que le plongeur ne descende pas et ne remonte pas à très courts intervalles, car les variations successives et fréquentes peuvent avoir des effets pernicieux sur l'économie par leurs brusques répétitions.

D'une façon générale, les accidents organiques sont beaucoup moins graves chez les hommes qui plongent avec le scaphandre que chez les hommes qui plongent à nu; mais, malgré cela, il convient de n'employer comme scaphandriers que des sujets robustes, car la trépidation ou l'ébranlement répété des organes : poumons, cœur, foie, rate, intestins, amène à une décrépitude assez rapide les hommes qui se consacrent d'une façon ininterrompue à ce rude et fort intéressant métier.

Pour la bonne direction de nos travaux hydrauliques et hydrographiques autrefois, et de renflouages, sauvetages de navires et bateaux plus tard, nous avons pris et prenons pour règle, avant de mettre à l'œuvre nos plongeurs et nos équipes, de descendre personnellement d'abord, que ce soit en eau salée ou en eau douce, pour aller reconnaître le fond, examiner la position des épaves, voir la possibilité de démonter les machines, bref, recueillir *de visu* tous renseignements propres à mener sûrement et rondement l'ensemble des opérations dont nous sommes chargé.

Pour plonger, le sujet, quel qu'il soit, doit satisfaire à cinq conditions essentielles avant de revêtir un scaphandre :

1° Ne pas être en état d'ivresse;

2° Avoir mangé depuis deux heures;
3° Ne pas être en transpiration;
4° Être en bonne santé;
5° Avoir l'esprit calme.

Sous l'habit du scaphandre imperméable, le plongeur doit être complètement habillé de laine, de préférence à même la peau, pour que la transpiration, qui est très abondante, soit absorbée. Le vêtement imperméable, caoutchouté, empêchant la sueur de s'échapper au dehors, le corps du plongeur se trouverait aussitôt dans un véritable bain de transpiration glacée des plus dangereux pour son économie vitale.

L'équipement du scaphandrier se divise en deux parties essentiellement distinctes :

1° Les appareils de préservation et d'isolement;
2° Les appareils de refoulement d'air.

Dans la première partie on remarque :

Le casque et la pèlerine métallique;

Le casque est garni de son tuyau acoustique et de l'appareil microtéléphonique Dibos, ainsi que du mergométreur Dibos, dispositif à manomètres donnant au plongeur les profondeurs auxquelles il se tient, et indiquant la pression de l'air dans le scaphandre.

Le vêtement;
Les plombs de dos et de poitrine;
Les souliers;
La ceinture et le poignard;
La corde d'attache.

Dans la deuxième partie on remarque la pompe à air, le réservoir et les tuyaux.

Le séjour dans l'air comprimé peut, à partir d'une certaine limite de pression, amener des désordres anatomiques graves.

Nous inspirant des remarquables travaux de l'illustre maître Paul Bert, nous avons recherché à partir de quelles profondeurs peuvent apparaître, chez certains sujets, des troubles divers. C'est déjà sous une pression de 2 atm, c'est-à-dire à 10 m de profondeur, que les démangeaisons cutanées, dites « puces », se font sentir.

Au-dessus de 3 atm, soit par 20 m de profondeur, il peut se déclarer des troubles que Paul Bert a ainsi classés :

Troubles sensoriaux : cécité, surdité;
Troubles de la locomotion et généraux : paralysie des mem-

bres inférieurs, de la vessie et du rectum et, plus rarement, des bras;

Troubles cérébraux : perte de connaissance, mort subite.

Les perturbations physiologiques éprouvent le sujet après la sortie du scaphandre, quelquefois après plusieurs heures, une journée même, tels apparurent des cas de paraplégie, quoique le plongeur eût cessé de travailler depuis 24 heures.

Les scaphandriers qui travaillent aux grandes profondeurs : 30, 40 et 50 m. veulent trop souvent remonter en fermant la soupape latérale du casque, ce qui produit le gonflement immédiat de leur vêtement, qui les entraîne avec célérité à la surface, telle une bulle d'air, où ils apparaissent après un parcours vertical effectué en quelques secondes.

L'afflux d'air dans le vêtement peut aussi détruire l'équilibre du scaphandrier et le renverser la tête en bas.

Eh bien! cette pratique de remonte brusque est d'une imprudence absolument ridicule, car nous posons en principe qu'il serait tout à fait nécessaire à un plongeur remontant de pareilles profondeurs, de *mettre une minute par mètre* à l'effet d'éviter les dangers d'une décompression trop rapide.

Les scaphandriers se refusent malheureusement, dans beaucoup de cas, à consacrer *une demi-heure pour remonter de 30* m de profondeur, et quoiqu'ils soient témoins d'accidents graves.

Tout dernièrement encore, les scaphandriers employés aux recherches des cadavres à bord du « Liban », en rade de Marseille, ont péri par suite de descentes et remontes successives et trop accélérées, les comprimant et les décomprimant avec trop de précipitation.

Des médecins appelés à donner leurs soins à des scaphandriers n'ont pas reconnu les phénomènes morbides dus à la décompression, et ont reporté sur de prétendus excès, auxquels se serait livré le sujet en dehors des heures de travail, la cause de l'affection dont il était atteint. Il faut réagir contre ces théories, et engager les médecins qui sont à même de soigner les ouvriers employés dans les caissons à air comprimé et dans les appareils de plonge, à étudier les caractéristiques des perturbations physiologiques dues à la compression et à la décompression aériennes.

On peut dire que la paralysie des membres inférieurs est malheureusement persistante, et Paul Bert déclare que la mort vient au bout d'un laps de temps variable.

Donc, il ne faut pas multiplier les montées et les descentes. Toutefois, comme un long séjour dans l'air comprimé a saturé tous les organes, la remonte s'effectuera avec une très sage lenteur. Lors de la décompression, les accidents sont dus au dégagement de l'azote emmagasiné en excès suivant les exigences de la loi de Dalton. Ce gaz repasse à l'état libre dans les vaisseaux sanguins, les liquides organiques, les tissus. En s'échappant trop rapidement par suite d'une décompression irrationnellement rapide, ce gaz arrête la circulation pulmonaire, ramollit certains centres nerveux, dilacère la moelle épinière et détermine ainsi des lésions mortelles.

Paul Bert mettait 12 minutes par atmosphère pour décomprimer des chiens qui avaient été soumis à une compression de 10 atm, soit 90 m de profondeur pour un scaphandrier. Cette profondeur n'est jamais atteinte dans la pratique courante.

En décembre 1897, le *Scientific American* publia une intéressante note sur un nouvel habit de scaphandre, que préconisaient MM. Buchanan et Gordon, Ingénieurs australiens, habitant Melbourne.

Ces messieurs vinrent, il y a quelques années, en Angleterre, pour exhiber leur scaphandre, perfectionné en vue des descentes aux grandes profondeurs, et qui avait été essayé avec succès dans les mers coloniales anglaises, pour la pêche des huitres perlières.

MM. Buchanan et Gordon s'entendirent avec la maison Siebe Gorman et C°, les fabricants d'appareils de plonge bien connus dans le Royaume-Uni, et ce fut le fameux W. R. Walker, le chef plongeur de la maison Siebe qui procéda aux essais sur la Clyde à bord du yacht « Aérolit » de MM. Roos et Marschall, affrété pour ces expériences.

Après s'être accoutumé au nouvel appareil et familiarisé avec les courants de la Clyde, le chef plongeur Walker descendit une première fois à une profondeur de 189 pieds, environ 60 m. Il demeura sous l'eau pendant cinquante minutes, et en revenant à la surface, il était en bon état physiologique. Une autre fois, Walker descendit à nouveau dans la Clyde, mais on reconnut qu'il était mieux de tenter ces essais à l'embouchure de Rochgoll. A cet endroit, Walker descendit à environ 50 m. Le plongeur n'était pas autrement fatigué. Il paraît que jamais cette profondeur n'avait été atteinte en Angleterre avec les appareils ordinaires Siebe ou Heinke.

Walker dit qu'au fond il a pu circuler au mieux.

Un jeune homme qui n'avait jamais plongé, descendit néanmoins à 18 m en une première immersion; une seconde fois à 27 m et enfin une troisième fois à 35 m.

Les inventeurs constituent leur scaphandre par une véritable cuirasse métallique, en cuivre, descendant jusqu'à la ceinture et pesant à elle seule 127 kg. Sur cette cuirasse le casque se visse directement. Le bas de la cuirasse se rattache à un pantalon qui, comme les manches recouvrant les bras du plongeur, est formé d'une série de ressorts spirales faits en métal Delta. Ces ressorts, recouverts d'une étoffe water-proof très forte, forment une armure articulée. Le pantalon est renforcé par une série d'anneaux métalliques aussi, qui se serrent avec des écrous sur des tirants articulés s'allongeant de chaque côté de la jambe. Il en est de même pour les bras. Le plongeur est chaussé de souliers complètement en bronze et rattachés directement au pantalon armé.

A l'air, l'ensemble du poids de l'appareil est tel, qu'on est obligé de placer sur un chevalet le scaphandrier une fois habillé. Il lui est impossible de se mouvoir, le costume entier atteignant le poids formidable de plus de 200 kg.

Pour parer aux dangers de la compression et de la décompression, les inventeurs ont cherché à essayer d'éviter, pour atteindre les grandes profondeurs, d'envoyer au plongeur de l'air sous une pression égale au poids de la colonne d'eau que le scaphandrier aurait à supporter, tout en cherchant à garantir l'homme le mieux possible contre les effets écrasants de cette pression non équilibrée. Les inventeurs tendaient à ne faire parvenir aux poumons que de l'air à la pression atmosphérique normale, ou très peu accentuée au-dessus de cette normale.

Pour satisfaire aux conditions de leur programme, MM. Gordon et Buchanan ont eu à s'inquiéter des inconvénients que leur présentait l'échappement de l'air contenu dans le vêtement et le casque du scaphandrier, échappement qui, on l'a vu dans l'exposé explicatif sur les appareils qui précède, s'opère par la soupape latérale du casque, car il faut, pour que l'air puisse vaincre la résistance que lui oppose l'eau, qu'on envoie cet air au scaphandrier avec une pression au moins égale, sinon supérieure, à celle que représente la colonne d'eau sous laquelle travaille précisément le plongeur.

MM. Gordon et Buchanan ont donc fixé la valve d'échappement, qui demeure, paraît-il, néanmoins sous le contrôle du

plongeur (ce qui nous paraît assez difficile), sur un tuyau flottant dont l'ouverture supérieure est immergée à la profondeur voulue au-dessous de la surface de l'eau.

Par conséquent, si le tuyau d'échappement débouche à 30 m au-dessus du plongeur, alors que ce plongeur est immergé à 50 m, on comprend qu'on peut diminuer de 3 atm la pression d'envoi de l'air et ne faire parvenir cet air au plongeur que sous une pression de 3 atm au lieu de 6. Les dangers de compression et de décompression seraient donc réduits de moitié.

Néanmoins, il n'apparaît pas que le scaphandre Buchanan-Gordon soit passé dans la pratique courante. Il demeure encore un engin exceptionnel utilisé plutôt et jusqu'à présent comme scaphandre d'expériences.

Nous dirons quelques mots d'un modèle assez curieux créé par M. Karl, un Français.

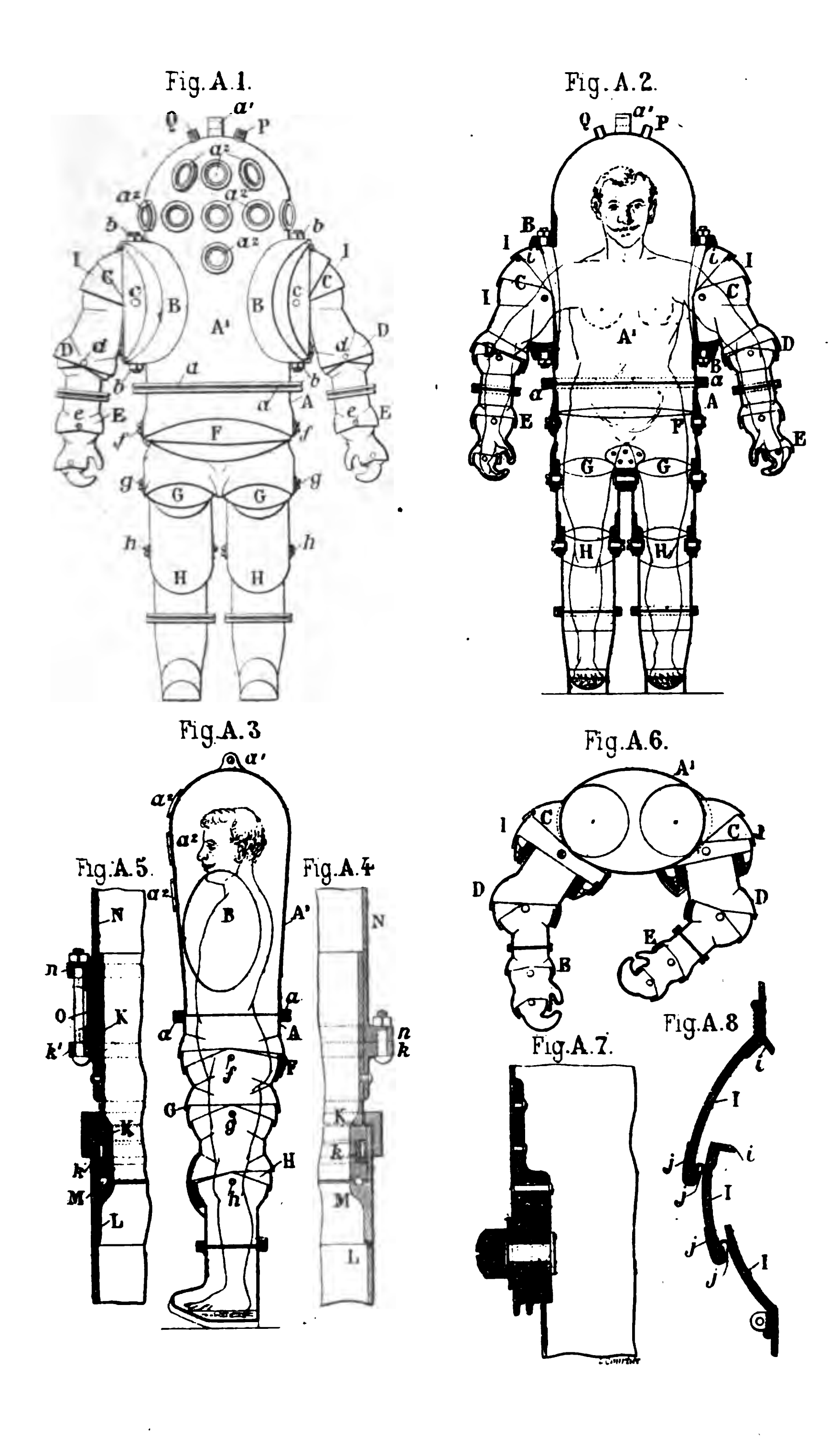
Cet appareil, qui est une sorte d'armure ou cuirasse, présenterait, dit l'inventeur, certains avantages.

L'inventeur croit que les appareils en toile imperméable munis seulement d'un casque en métal actuellement en usage laissent le plongeur dangereusement soumis à la pression de l'eau et à la contre-pression de l'air qui lui est fourni par une pompe placée à la surface. Cet air pénètre dans le casque au moyen d'un tuyau qui le relie à une pompe et l'air expiré s'échappe dans l'eau par une soupape fixée au casque et doit donc soulever la colonne d'eau qui exerce sa pression sur cette soupape; la pression d'air nécessaire pour soulever cette soupape est donc égale à la pression d'eau existante au milieu dans lequel se trouve l'appareil. La pression d'eau s'exerçant sur le corps du plongeur et la pression d'air égale qui affecte les poumons de celui-ci limitent la plongée à 25 m environ et la durée du séjour à quelques minutes, prétend M. Karl.

Ceci n'est pas exact, nous l'expliquerons plus loin.

M. Karl ajoute, qu'avec les autres appareils que le sien, le travail au fond des mers n'est pas seulement pénible et dangereux, mais qu'il est en outre précaire, onéreux et improductif. Ceci n'est pas non plus exact.

L'appareil objet de l'invention Karl permettrait d'effectuer ces travaux; il offrirait, d'après son inventeur, les caractères de simplicité d'exécution, de souplesse, de mobilité, dans les articulations, d'étanchéité et de grande résistance, qui sont les desiderata des scaphandriers. Cette armure est en acier. Elle pèse 140 kg.


Fig. A.1.
Fig. A.2.
Fig. A.3
Fig. A.4
Fig. A.5.
Fig. A.6.
Fig. A.7.
Fig. A.8

Aucun essai probant n'a encore été exécuté avec le nouvel appareil Karl et personne n'est descendu aux grandes profondeurs avec ce nouvel engin.

Nous ne le signalons ici, qu'en raison de l'ingéniosité du système des joints articulés de l'armature-scaphandre dont les figures A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, et A8 montrent suffisamment les détails divers.

Reste à savoir comment se comporterait cet engin immergé dans les abîmes maritimes et sous les pressions énormes que veut affronter M. Karl.

Est-il bien nécessaire d'atteindre à 100 m de profondeur?

Pour la pêche des huîtres perlières peut-être, mais pour le sauvetage ou la tentative de sauvetage d'objets coulés, cela est douteux.

Il ne suffit pas, en effet, d'atteindre jusqu'aux objets à remonter à la surface, il faut arriver à les saisir, à les démonter, à les lier, à les sortir tout d'abord de la carène désemparée qui souvent est remplie de vase, de goémons, d'incrustations calcaires, encombrée de détritus de toutes sortes. Cela est une tâche déjà difficile à une faible profondeur.

Ce qui tente surtout le prospecteur sous-marin, c'est la recherche, dans les navires coulés, des espèces monnayées représentant des sommes souvent considérables et que certains bâtiments transportent d'une façon courante. Mais il faut parvenir à la soute aux groups. Il faut s'engager dans les coursives du bateau naufragé, descendre ou monter des escaliers, enfoncer des portes, des panneaux, des coffres, enfin déplacer des caisses pesantes, les rapporter au dehors de la carène, les élinguer ensuite !

Comment effectuer une semblable opération avec des armures ou des gaines forcément rigides, peu aptes à une circulation et à un mouvement, dans ce dédale au plancher incliné et glissant qu'offre un navire sombré et donnant une bande effrayante d'un bord ou de l'autre ?

Comment se faire suivre d'une source lumineuse suffisamment intense pour se guider à travers ces glauques parois de l'océan lorsqu'on atteint et dépasse 100 m ?

Évidemment les gens s'emballent (il en est qui n'ont jamais vu la mer, et ce sont les plus ardents naturellement) et s'ingénient à créer des appareils avec lesquels on doit sûrement repêcher tous les trésors des galions de toutes les baies de Vigo et de Grèce !

On sait quelles courageuses tentatives a exécutées Bazin et quel piètre résultat a été obtenu par cet ingénieur qui était cependant un homme de grande intelligence technique et d'énergie remarquable.

Les appareils spéciaux de scaphandre pour les profondeurs dépassant 60 m atteignent aussi des prix qui les mettent difficilement à la portée des entrepreneurs ordinaires. C'est ainsi qu'une armure de plonge ou un vêtement spiralo-australien valent une vingtaine de mille francs, si ce n'est plus.

Alors que le scaphandre Rouquayrol-Denayrouse, avec casque Petit et microtéléphone Dibos, revient à 3 700 f en chiffres ronds.

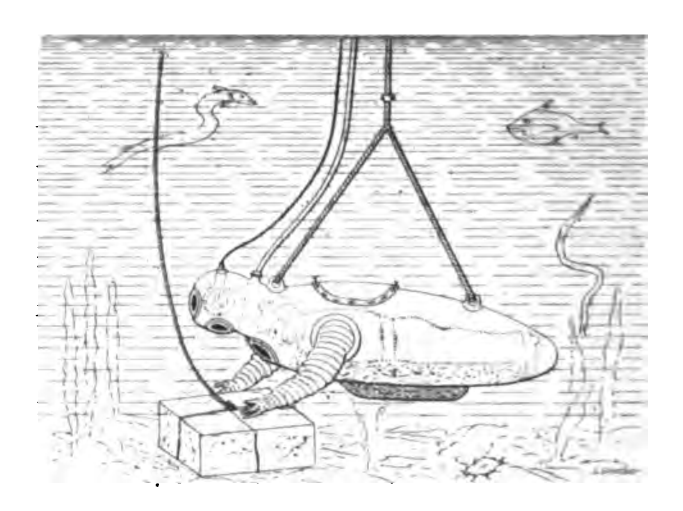
Au reste on peut descendre à de grandes profondeurs (60 m avec le scaphandre ordinaire Rouquayrol-Denayrouse), toutefois avec pressions hydrauliques et aériennes égales. Ainsi sur les côtes de Caramanie, où sur des fonds de 20, 25, 36, 40 et 60 m gisent les plus belles éponges, il existe des scaphandriers turcs qui osent, en effet, descendre à 60 m. Ces Ottomans sont très entraînés, nous devons le faire remarquer, et ils forment l'exception parmi les ouvriers plongeurs. Dire qu'ils ne risquent pas leur vie ne serait pas la vérité.

Pour descendre à 60 m, on comprend que les poids ordinaires du scaphandre Denayrouse seraient insuffisants ; aussi ces pêcheurs spéciaux se fabriquent-ils une ceinture particulière qu'ils adjoignent à leur costume de scaphandrier et à laquelle ils accrochent une certaine quantité de lames de plomb. Cette ceinture est retenue à une corde qui se déroule du bateau au fur et à mesure de la descente du plongeur, laquelle se fait très rapidement, beaucoup trop d'ailleurs. Une fois le travail terminé au fond, les éponges étant recueillies, le scaphandrier se débarrasse de sa ceinture et remonte. Trop nombreux sont ces ouvriers qui, fermant la soupape de casque, gonflent leur habit, pour remonter à la surface comme une bulle d'air. Graves imprudences en raison de la décompression rapide. Il faudrait une heure pour revenir de cette profondeur.

La ceinture est ramenée ensuite par les gens de la barque.

Nous avons combiné un appareil spécial, inspiré de celui de Jobard, pour atteindre sans fatigue et sans danger des profondeurs marines voisines de 70 m et plus en vue d'exploration des bancs d'huîtres et d'éponges. C'est une sorte de cylindre biconique en bronze pouvant résister à une pression supérieure à 15 atm. Un trou d'homme étanche permet l'entrée. Le plongeur

simplement vêtu de ses habits ordinaires s'étend sur le ventre et de tout son long, sur un matelas caoutchouté, gisant au fond de l'appareil. L'homme passe ses deux bras dans deux manches souples articulées adhérentes au cylindre. En face de la figure de l'homme se trouve une glace en cristal épais. Au-dessus de la tête de l'homme, il existe une chambre contenant une forte ampoule électrique à incandescence, donnant un pouvoir lumineux de 50 bougies et projetant ses rayons éclairants par un hublot fermé par une glace très résistante en cristal. Le courant électrique est amené par un câble relié au bateau à la surface. Le cylindre contenant l'homme est immergé au moyen



d'un câble de suspension passant sur une poulie de mât de charge et se déroulant d'un tambour de treuil à vapeur installé à bord du bateau à la surface.

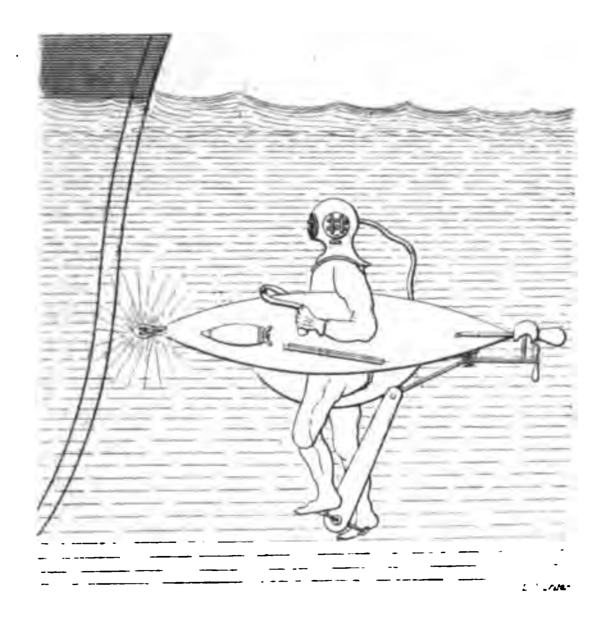
Deux tuyaux accouplés aboutissent au cylindre. Ces tuyaux amènent l'air nécessaire à la respiration et l'évacuent sous une pression de 2 1/2 atm. Un poste microtéléphonique est placé sous les lèvres et à l'oreille de l'homme couché dans le cylindre.

Un lest de sûreté formé d'une forte gueuse de plomb est adapté sous le cylindre, et il suffit, au moyen d'une pression sur un bouton électrique, de faire fonctionner un déclic qui largue le lest en question et peut permettre, en cas de péril immédiat, au cylindre habité, de remonter jusqu'à la surface : le déplacement étant calculé pour cela.

Il y a quelque temps, le Señor Alvary Templo, officier de

marine, a expérimenté avec succès un « Velocipedo Torpedero », appareil sous-marin fort intéressant portant le nom d' « Acuàpedo Alvary Templo ». On peut demeurer six heures sous l'eau avec cet engin. Un homme revêtu d'un scaphandre ordinaire, dont le tuyau à air est relié à un récipient contenant cet air comprimé, est à cheval sur une sellette supportée par un flotteur métallique fusiforme immergé à une faible profondeur sous les flots.

De ses pieds libres, le scaphandrier actionne des pédales entrainant un pignon engrénant une chaine de Vaucanson action-



nant à l'arrière du flotteur une petite hélice. Un guidon à main placé devant le plongeur oriente un petit gouvernail.

A l'avant du flotteur il existe une lampe électrique prenant son courant à un bac d'accumulateurs logés, étanches, dans le corps dudit flotteur. Au moyen d'un interrupteur, le scaphandrier ferme ou ouvre le circuit.

A portée de la main du scaphandrier et accrochée au flotteur est une torpille chargée de 10 à 20 kg de fulmi-coton, dont les fils peuvent se dérouler sur une longueur de 200 m environ. Au moyen des accumulateurs et d'un interrupteur, le scaphandrier peut mettre le feu au détonateur de la torpille qui a été fixée sournoisement par le scaphandrier contre le bâtiment ennemi.

Le requin est l'ennemi du scaphandrier.

Les requins abondent malheureusement sur les bancs de pintadines, d'éponges, de corail, et quoique les plongeurs aient pu sauver leur vie en luttant à coups de poignard avec des squales de force moyenne, il est difficile, en général, de parvenir à éviter l'horrible morsure de ces voraces animaux quand ils sont de forte taille. Il en est qui ont 10 m de long!

Sur les côtes de Candie, notamment, le scaphandrier peut se trouver obligé de lutter avec des pieuvres énormes, dites octopodes. Toutefois, comme les ventouses de ces hideux poulpes n'ont aucune action sur le corps du plongeur recouvert du vêtement imperméable, si l'homme a assez de sang-froid et les bras assez libres pour se servir de son poignard, il a de grandes chances d'échapper en tranchant les tentacules qui l'enlacent et dégageant son tuyau à air, de recouvrer sa liberté.

Dans un compte rendu de ses remarquables voyages de reconnaissances océanographiques, le Prince Albert de Monaco narre que, près des Açores, on captura un cachalot dont l'estomac fut ouvert. On y trouva un tentacule de poulpe géant. L'individu auquel avait appartenu ce bras armé de plusieurs centaines de larges ventouses devait avoir une envergure de 17 m.

On prévoit par avance quel aurait été le triste sort d'un scaphandrier enlacé par ce hideux poulpe.

MACHINE A STÉNOGRAPHIER LAFAURIE

PAR

M. A. BRANCHER

La nouvelle machine à sténographier, due à M. Lafaurie, est doublement intéressante tant au point de vue de la conception même de ce système d'écriture, que de la construction de la machine qui en est la consécration.

Il a fallu tout d'abord concevoir un alphabet spécial pour une écriture phonétique et mettre à profit la théorie des combinaisons qui a servi de point de départ à la constitution de cet alphabet.

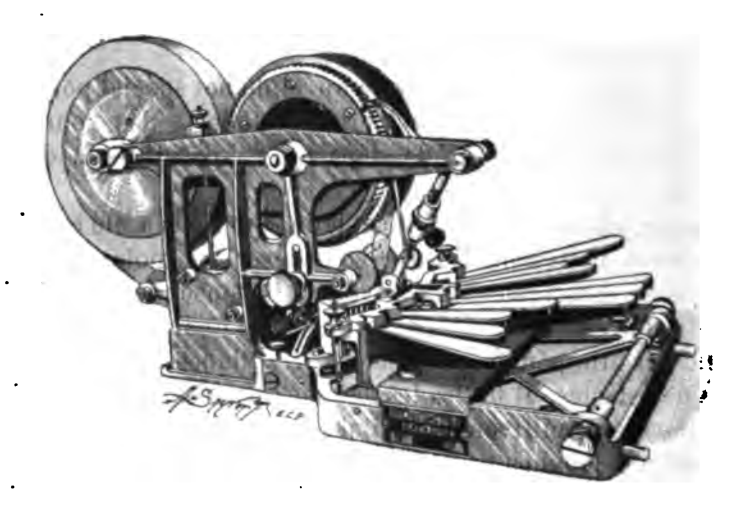
La longue pratique de l'alphabet latin, qui nous a été enseigné dès l'enfance, nous a habitués à considérer les mots comme se décomposant directement en voyelles et consonnes, aussi bien pour la parole que pour l'écriture. Mais, en réalité, les mots ne sont que des groupements artificiels de syllabes constitués dans la suite des siècles, et toutes les langues parlées aujourd'hui en Europe ont été primitivement syllabiques, comme le sont encore la plupart des langues orientales importantes et notamment le chinois. Les préfixes et les suffixes qui accompagnent le radical avaient eux-mêmes initialement un sens et une valeur indépendantes. D'autre part, la syllabe, ainsi que l'indique le sens éthymologique du mot, représente une émission de voix complète, et si les voyelles peuvent être prononcées séparément, il est impossible d'émettre une articulation à haute voix sans la faire suivre immédiatement d'une voyelle quelconque.

Lorsqu'on frappe les touches d'une machine à écrire, on reproduit les mots comme un composé de lettres, suivant les habitudes de l'alphabet ordinaire; mais quels que soient les perfectionnements apportés à ces instruments, il n'y a aucun espoir d'arriver, en se conformant aux règles de l'orthographe, à un travail assez rapide sur un clavier pour suivre exactement la parole. La première idée qui se présente, quand on envisage ce problème de l'écriture rapide, est donc de revenir à l'écriture

syllabique, qui a été la première pratiquée dans le monde et qui est encore la seule connue de certains peuples.

Pour remplir ce but, on pourrait utiliser un clavier de dix touches, les combinaisons de ces touches étant affectées chacune à la représentation d'une syllabe différente; le nombre des combinaisons possibles avec dix objets, en les prenant successivement un à un, deux à deux, trois à trois, etc., est égal à 1 023, et 1 023 syllabes distinctes suffiraient amplement à tous les besoins de la langue.

Mais on se heurte immédiatement à la difficulté presque insurmontable pour nous, bien qu'elle soit la base même de l'écriture chinoise, d'adopter un alphabet de 1023 signes ou



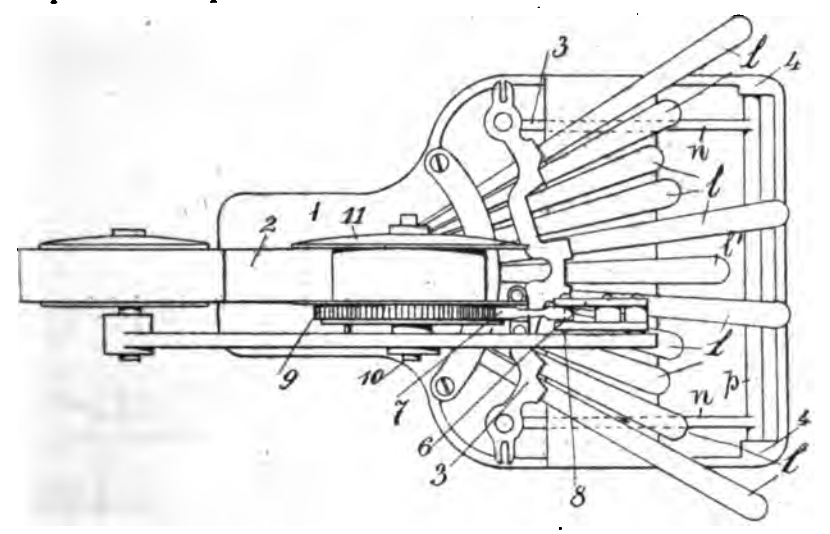
combinaisons qui paraîtront évidemment un poids beaucoup trop lourd pour la mémoire de nos jeunes gens habitués à un alphabet court. L'étude attentive de la théorie des combinaisons permet de tourner cette difficulté.

Si, en effet, au lieu de combiner directement les dix touches, on les sépare en deux claviers de cinq touches, les combinaisons de chaque clavier sont réduites à 31, et cependant leur juxtaposition reprodnit les 1 023 combinaisons des dix touches.

Affectant alors le clavier de gauche, par exemple, à reproduire la première partie de la syllabe, les consonnes ou groupes de consonnes, et le clavier de droite à reproduire la dernière partie de la syllabe, c'est-à-dire une voyelle, une diphtongue ou l'un ou l'autre de ces sons suivis d'une consonne, on arrivera, en frappant simultanément avec les deux mains les deux tou-

ches du clavier, à représenter avec 62 combinaisons les 1023 syllabes et, par suite, tous les mots de la langue.

C'est cette dernière disposition qui est adoptée dans la « Sténodactyle Lafaurie ». Dix touches, correspondant aux dix doigts de la main, convergent à leurs extrémités et impriment des signes en lignes transversales sur une bande de papier qui se déroule d'une façon continue par le travail même des doigts. Les signes sont simplement les numéros d'ordre des touches elles-mêmes comptées de 1 à 5 à partir du pouce suivant l'usage adopté en musique.



Nous donnons le tableau synoptique de cet alphabet qui permet de lire facilement une bande du sténodactyle. On voit ainsi que les 1 023 combinaisons obtenues par la décomposition du clavier en deux parties de cinq touches sont très suffisantes pour obtenir toutes les transcriptions phonétiques.

L'introduction de la mécanique dans cette branche de l'activité humaine mérite bien l'attention des Ingénieurs.

Les machines à écrire ont déjà prouvé leur supériorité là où le travail manuel semblait défier toute concurrence. Les préjugés ont fait leur temps, et tout le monde reconnait les immenses avantages de ces merveilles de mécanique qui ont pénétré dans tous les milieux.

La machine à sténographier compliquait le problème en exigeant une rapidité bien plus grande.

Les précédentes tentatives faites par Andenon en Amérique,

ALPHABET FRANÇAIS

(Pour écrire.)

(MAIN GAUCHE) . CONSONNES — VOYELLES (MAIN DROITE)

Liquides.		Nasales.		Gutturales.		Labiales.		Dentales.		Voyelles simples.		Voyelles nasales.		Diphtongues.		Terminaisons en R.		Terminaisons en L.	
..32.	r	.43..	m	..321	k	...21	p	...2.	t	a	1....	en	12...	ié	12.4.	ar	.2345	al	.234.
....1	l	54...	n	.432.	g (dur)	..3.1	b	..3..	d	e	.2...	in	1.3..	ieu	.23.5	er	1.345	ail	
.4.2.	ll(y)	5.32.	gn			.4..1	f	.4...	s	i	..3..	on	1..4.	ien	1.3.5	ir	12.45	el	..345
				543..	ch	5...1	v	5....	z	o	...4.	un	1...5	ion	1..45	or	123.5	il	
				54..1	j	5..21	pr	5..2.	tr	u	5			oi	..34.	ur	1234.		
				5.321	kr	5.3.1	br	5.3..	dr	é	.23..			oin	12345	eur	1.34.		
				5432.	gr	54.21	fr			è	.2.4.			ui	..3.5	our	123..		
				.4321	kl	543.1	vr			eu	.2..5			eil	.2.45	oir	12..5		
				54321	gl	.4.21	pl			ou	...45			euil					
						.43.1	bl												
						54.2.	fl												

TABLE DES COMBINAISONS

(Pour lire.)

....1	l	a	1....	5..21	pr	oir	12..5	...2.	t	e	.2...	..3..	d	i	..3..
...21	p	an	12...	..3.1	b	in	1.3..	..32.	r	é	.23..	.43..	m	oi	..34.
..321	k	our	123..	.43.1	bl	eur	1.34.	.432.	g	al (ail)	.234.	543..	ch	el, il	..345
.4321	kl	ur	1234.	543.1	vr	er	1.345	5432.	gr	ar	.2345	5.3..	dr	ui	..3.5
54321	gl	oin	12345	5.3.1	br	ien	1.3.5	5.32.	gn	ieu	.23.5	.4...	s	o	...4.
5.321	cr	or	123.5	.4..1	f	on	1..4.	.4.2.	ll(y)	è	.2.4.	54...	n	ou	...45
.4.21	pl	ié	12.4.	54..1	j	ion	1..45	54.2.	fl	eil (euil)	.2.45	5....	z	u	5
54.21	fr	ir	12.45	5...1	v	un	1...5	5..2.	tr	eu	.2..5				

EXEMPLE D'ÉCRITURE

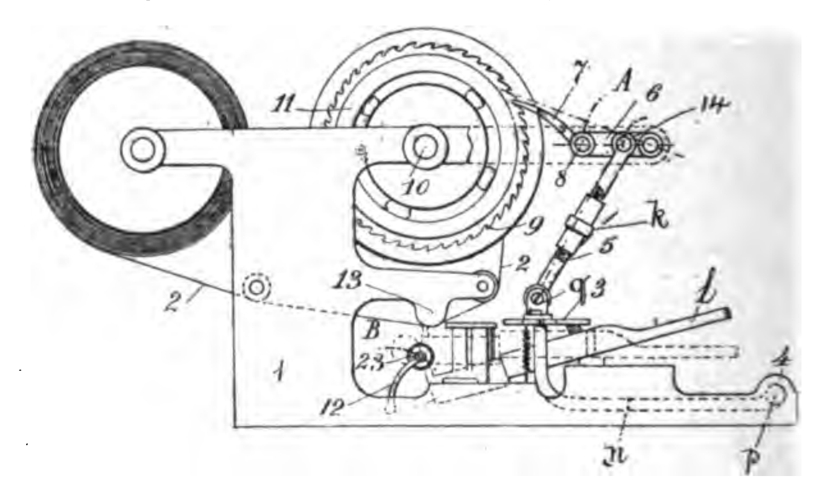
....⇂	1....	La	..3..	.2...	de	...2.	..3..	ti	.4...	..34.	soi
.43..	1....	ma	.4...	.2.4.	sè	.432.	12...	guen	....⇂	1....	la
543..	..3..	chi	5....	12.45	zir	..32⇂	1....	ka	..32.	1....	ra
54...	1....	na	.....	1....	a	..32.	1....	ra(k)	...2⇂	..3..	pi
...2.	.23..	s(té)	..3..	..3..	di(s)	...2.	1.345	ter	..3..	..3..	di
54...	...4.	no	...2.	12...	tan	.4..⇂	1....	fa	...2.	.23..	té
5432.	1....	gra	.4...	.2...	ce	4...	..3..	si	..3..	.2...	de
.4..⇂	12.4.	fié	...2⇂	123..	pour	....⇂	1....	la	.4...	1..4.	son
....⇂	1....	la	.....	1.3..	in	....⇂	12.45	lir	..3..	.23..	dé
.4..⇂	...4.	fo	.4...	..3..	si	....⇂	1....	la	..3.⇂	..3..	bi
..32.	..3..	ri	..3..	..3..	di	...2⇂	1....	pa	.....	.23..	é
...2⇂	1.345	per	..32.	...4.	ro	..32.	...4.	ro	....⇂	1....	la
.43..	.2.4.	mè	5...⇂	...4.	vo	....⇂	.2...	le	....⇂	1..4.	lon
.43..	.2.4.	mè	....(⇂)	.....	(l)	..3..	1...5	dun	.432.	1.34.	gueur
.43..	1....	ma	.....	.23..	é	.....	...4.	o	..3..	.2...	de
.....	1...5	un	..3..	.23..	dé	..32.	1....	ra	.4...	1..4.	son
.....	1....	a	5.32⇂	12.45	crir	...2.	1 34.	teur	..3..	..3..	di
5...⇂	.2..5	veu	.4...	12...	san	..32⇂	..345	kel	.(4)...	.....	(s)
5432⇂	.2...	gle	.4..⇂	1....	fa	..32⇂	.2...	ke	..32⇂	123..	kour

NOTA. — Le pouce gauche imprime renversé le chiffre **1** pour éviter toute confusion avec l'impression correspondante du pouce droit.

le Stenotyper en Angleterre, la Michela en Italie, avaient ouvert la voie sans en trouver la solution.

Outre la vitesse, qui est le facteur principal de la sténographie, il faut que la machine soit légère, portative, silencieuse et robuste, que l'apprentissage en soit facile, ce qui implique une mécanique de grande simplicité.

La Sténodactyle Lafaurie se compose essentiellement d'un bâti en deux pièces en aluminium (tel que la figure ci-jointe le montre) supportant un clavier de dix touches, disposées de telle façon que les doigts y trouvent naturellement leur place, le profil en plan correspondant à celui de la main moyenne.



Les leviers sans articulations sont rigides, évitant le bruit et la fragilité, impriment des chiffres simultanément à la même hauteur sur une bande de papier plus large que celle usitée aux appareils Morse, évitant ainsi le déplacement latéral des mains comme dans la machine à écrire. Le rendement est sensiblement triplé de ce fait. Les rouleaux (tendeur et dérouleur), comme tous les organes de la machine, sont en aluminium actionnés par les touches et chacune d'elles commande par une bielle de longueur réglable une chape articulée portant un cliquet chassant le rochet de la roue en caoutchouc accolée au tambour enrouleur. Les détails du tendeur du dérouleur et des touches pour l'encrage, l'impression, l'accrochage du papier se voient sur les pièces facilement démontables et mises sous les yeux. A chaque action du doigt sur une touche correspondent trois effets successifs :

1° Enroulement et déroulement de la bande papier;

2° Encrage des touches;

3° Impressions sur le papier.

L'affectation des doigts aux touches étant constante, on les numérote comme les touches.

Au moment précis où la touche soulève le cliquet, l'action se transmet immédiatement à l'enrouleur tout en diminuant progressivement sa vitesse, de façon que le tambour soit immobilisé à l'instant où se produit l'impression.

Ce jeu s'obtient par la position en ligne droite des trois points d'articulation de la bielle : 1° celui de la chape; 2° celui du levier; 3° celui du cliquet.

L'emploi de l'aluminium dans les pièces mécaniques mouvantes a donné de bons résultats; jusque-là on ne l'employait que dans les boites ou organes fixes.

La machine est rendue rigoureusement silencieuse par l'emploi de contacts feutrés dont le jeu, sans être d'une précision mathématique, est suffisamment assuré pour que le fonctionnement soit certain.

Avec cette machine l'inventeur a obtenu une vitesse de deux cents mots à la minute, qui est le maximum des virtuoses en cet art aux arcanes jalousement gardées par les initiés.

Ce maximum s'explique facilement en songeant aux difficultés imposées aux néophytes de la sténographie manuscrite.

Les écoles sont nombreuses, les signes sont d'autant plus multipliés que leur emploi successif exige de constantes abréviations, ce qui rend la lecture très personnelle.

La sténographie mécanique permet un apprentissage rapide, quatre à six mois, au lieu de deux ans au moins pour atteindre les grandes vitesses; la lecture reste indépendante de l'écriture.

On sait que les sténographes les plus réputés appartiennent au Parlement; ce sont des virtuoses et des maîtres : chacun d'eux opérant pendant deux minutes (de séance) est immédiatement remplacé par un collègue, et ainsi de suite, jusqu'au bout de vingt minutes, où il reprend la transcription; il lui a fallu dix-huit minutes pour traduire en clair les deux minutes de sténographie manuscrite.

L'emploi de la machine Lafaurie simplifie beaucoup les choses.

La fatigue étant à peu près nulle, le sténographe peut opérer pendant beaucoup plus longtemps. Grâce à la régularité des caractères, toujours les mêmes pour les mêmes sons, la lisibilité

mutuelle est facile, et pendant qu'un opérateur sténographie, un ou plusieurs autres peuvent, au fur et à mesure, déchiffrer en clair le discours qui vient d'être pris ; il suffit pour cela de répartir entre eux une certaine longueur de bande sténographiée.

Récemment, l'inventeur a combiné sa machine pour *les aveugles* en remplaçant les chiffres imprimés par des gaufrages se rapportant à l'alphabet international de Braille. Les merveilleuses dispositions et les aptitudes de ces déshérités pour cette forme de transcription leur ouvrira de nouveaux emplois et améliorera les moyens mis à leur disposition pour correspondre entre eux.

L'essai fait à l'institution des aveugles de la Persagotière (Nantes) a été très concluant, puisque quatre jeunes aveugles, après quatre mois d'étude, à une heure par jour, ont pu transcrire cent quarante mots à la minute, sur la sténodactyle.

Pour achever son invention, M. Lafaurie a perfectionné les touches de la sténodactyle, pour obtenir la transcription en *clair*, c'est-à-dire en lettres ordinaires, de manière que tout le monde puisse lire sans l'alphabet spécial.

Pour cela, l'extrémité de chaque levier porte deux boutons ou pièces rectangulaires, mobiles verticalement sur le levier lui-même et dont l'un commande une petite bielle qui agit sur un secteur métallique fixé à l'autre extrémité de la touche, et sur lequel sont placés trois lettres ou chiffres que le secteur, dans son mouvement autour de l'axe, peut amener au choix de l'opérateur au point où s'effectue l'impression.

Le second bouton est libre, et ne produit aucun effet lorsqu'il est frappé seul. Au cas où les deux boutons sont abaissés ensemble, l'action du second a pour effet d'arrêter la bielle par un ergot, et d'empêcher son mouvement complet sous l'action du premier.

La frappe successive du premier bouton, des deux à la fois ou du deuxième seulement, provoque donc, à volonté, l'impression du premier, du second, ou du troisième signe placés sur le secteur.

Le mouvement des boutons est assez léger pour qu'ils soient appliqués sur les touches avant tout entraînement de ces dernières, qui sont retenues par la résistance du ressort antagoniste de la barrette.

La lettre imprimée se trouve en position, lorsque les leviers qui constituent les touches entrent en mouvement. Les signe

sont inscrits sur les boutons de manière à éviter tout effort de mémoire à l'opérateur.

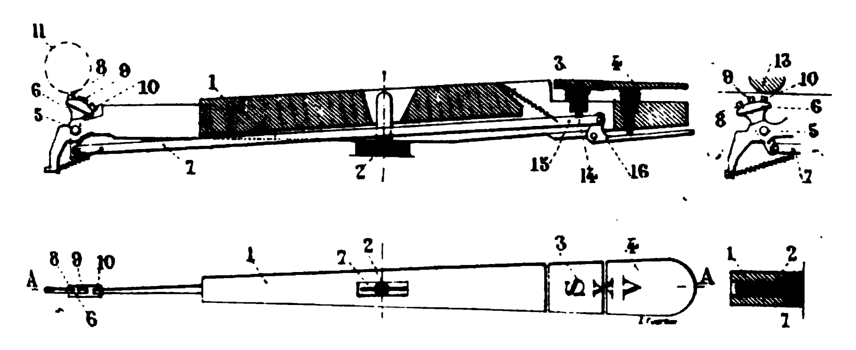
La disposition de la machine n'est nullement modifiée dans ses parties essentielles, autres que le clavier, et les touches ont la même longueur et la même distribution que dans l'appareil primitif, de façon à offrir la plus grande facilité possible au travail des doigts. Ils n'ont, en effet, qu'à effectuer un très léger déplacement sans aucune déformation de la main pour atteindre l'une ou l'autre touche ou les deux ensemble.

On obtient ainsi un nombre de signes suffisant pour reproduire l'alphabet latin en entier.

L'encrage, l'enroulement du papier, etc., ne subissent aucune modification. Les consonnes sont écrites par la main gauche, les voyelles et les consonnes finales par la main droite, de manière à obtenir toujours d'un seul coup la syllabe entière, véritable unité phonétique de la parole, qui se trouve alors décomposée par le travail de la machine en ses éléments littéraux.

On peut écrire immédiatement, sans aucun apprentissage sur ce nouveau clavier qui permet d'atteindre assez rapidement la vitesse commerciale en respectant presque complètement l'orthographe de la langue française.

De légères modifications dans la disposition des lettres permettent l'adaptation aux langues étrangères.



L'examen des trois croquis de la touche permet de se rendre compte du jeu de chacune d'elles. En se rapportant à l'alphabet combiné à cet effet, on comprend la facilité avec laquelle on utilise cette nouvelle machine à écrire extra-rapide.

Cette machine permet de sténographier dans toutes les langues. En Allemagne, qui est le meilleur client des sténographes, l'appareil est en pratique définitivement; en Angleterre, en Amé-

rique, en Italie, en Chine, l'alphabet présente, pour chaque pays, quelques particularités dues au génie spécial de la langue.

Cette invention intéresse tout le monde ; les parlementaires non moins que les industriels, les ingénieurs, les négociants, les administrations ; son emploi au téléphone permettra d'inscrire les communications. Elle pourra mettre un terme à cette interminable controverse de l'unification sténographique.

On doit donc applaudir cette invention toute française, qui prouve une fois de plus que nous sommes toujours au pays de Descartes et autres philosophes qui ont montré les fécondes applications de la clarté de l'esprit de ses méthodes.

LE CARBURATEUR CLAUDEL

PRÉCÉDÉ D'UNE

THÉORIE GÉNÉRALE SUR LA CARBURATION

PAR

M. H. CLAUDEL

La carburation, pour le fonctionnement régulier et sous puissance maxima possible des moteurs à explosion, doit réaliser les desiderata suivants :

Le combustible doit être maintenu en suspension dans l'air à l'état gazéiforme, ou de vapeur peu éloignée de son point de saturation ;

Le mélange tonnant doit être parfaitement homogène, et ne contenir aucune partie liquide ou solide en suspension, susceptible de se résinifier ou se transformer en coke ;

L'air de combustion doit être en faible excès, afin d'éviter la perte calorique et les longues combustions ;

A tous les régimes de marche du moteur, la composition du mélange doit être rigoureusement constante, c'est-à-dire qu'une quantité donnée de combustible doit être en contact intime avec une quantité toujours égale de comburant ;

La durée de la carburation doit être aussi grande que possible, et la dépression dans le carburateur aussi constante que possible ;

L'état de suspension doit être maintenu jusqu'au moment de l'inflammation ;

La composition du mélange doit être absolument constante à tous les régimes, et un ralentissement quelconque du moteur doit toujours être obtenu avec un dispositif de régulation n'influençant pas la carburation.

Au point de vue de l'étude physique, on peut définir l'air carburé comme étant :

Le mélange de 13 m³ d'air avec 1 kg d'essence réduite à l'état de vapeur. Si nous voulons obtenir le rendement spécifique en

puissance aussi élevé que possible, nous dirons que la vapeur d'essence sera prise à une température voisine de son point d'ébullition, parce que, dans ces conditions, à poids égal, son volume est moindre.

Si nous appliquons les lois résultant de l'étude des vapeurs saturées, nous déterminerons facilement la température minima nécessaire à l'état de suspension.

Soit F la tension des vapeurs d'essence;
T la température de l'air carburé;
H la pression atmosphérique ou 760 mm;
D la densité, par rapport à l'air, de la vapeur d'essence.

Les 13 m^3 d'air étant pris à 0 degré et à la pression H, à la même pression et à la température T, leur volume sera : $13(1+\alpha T)$.

Mais la tension de l'air, dans le mélange, étant $H-F$, son volume à considérer doit être, d'après la loi de Mariotte :

$$13(1+\alpha T)\frac{H}{H-F};$$

c'est aussi le volume du mélange et, en même temps, le volume de la vapeur d'essence, c'est-à-dire de 1 kg de vapeur d'essence sous la pression F; le volume de cette dernière à la pression H sera :

$$13(1+\alpha T)\frac{H}{H-F}\times\frac{F}{H}=13(1+\alpha T)\frac{F}{H-F}.$$

Sa densité, à T degrés, est $\frac{D}{1+\alpha T}$.

Son poids, c'est à dire 1 kg, est donc représenté par :

$$13(1+\alpha T)\frac{F}{H-F}\times\frac{D}{1+\alpha T}\times 1{,}293=1.$$

En simplifiant, il vient :

$$13\times\frac{F}{H-F}\times D\times 1{,}293=1;$$

d'où l'on tire : $13\times FD\times 1{,}293=H-F.$

Et enfin : $F=\frac{H}{1+13D\times 1{,}293}.$

Si on remplace H par 700 et D par 3,9 (correspondant aux vapeurs lourdes de l'essence), on obtient :

$$F = 11 \text{ mm.}$$

Cette tension de 11 mm correspond à une température de — 24 degrés, ce qui signifie qu'à 24 degrés au-dessous de zéro, le mélange carburé renfermera la vapeur d'essence à l'état de saturation; à une température quelque peu supérieure, à —20 degrés, par exemple, la vapeur sera sèche.

Cette température de —20 degrés est la *température minima du mélange.*

Le combustible, pour passer de l'état liquide à l'état de vapeur, doit recevoir un calorique égal à sa chaleur latente de vaporisation.

Cette chaleur lui est fournie : d'une part, par sa chaleur propre, d'autre part, par la chaleur de l'air servant à la combustion.

La chaleur spécifique de l'essence, par kilogramme, est de 0,46;
» » l'air, » » 0,23;

Les 13 m³ d'air pèsent $13 \times 1,293 = 16,8$ kg.

Il en résulte que l'abaissement de 1 degré dans la température des corps fournira une somme de :

$$0,23 \times 16,8 + 0,46 = 4,32 \text{ calories.}$$

La chaleur de vaporisation de l'essence étant égale à 122 calories, si nous prenons l'essence et l'air à la même température, la vaporisation produit un abaissement de :

$$\frac{122}{4,32} = 28,4 \text{ degrés.}$$

Pour que le mélange carburé ne descende pas au-dessous de —20 degrés, il faut donc que combustible et air soient pris à une température de :

$$-20 + 28,4 = 8,4 \text{ degrés au minimum.}$$

Mais jusqu'ici nous n'avons pas fait intervenir les vitesses de carburation.

Étant donné que, dans un moteur d'auto tournant par exemple à 1200 tours, la durée de carburation est réduite à un quarantième de seconde, l'on conçoit que, dans ce court espace de

temps, la vapeur ne peut atteindre la tension indiquée dans toute la masse d'air; il suffit, pour obvier à cet inconvénient, de donner à la vapeur une tension plus élevée, qui lui permettra de se répandre dans toute la masse d'air avec une vitesse suffisante pour obtenir l'homogénéité voulue.

Donc, en augmentant la tension de la vapeur, nous augmentons la vitesse de carburation et assurons ainsi l'homogénéité du mélange et sa composition constante.

Si nous appelons f la tension pratique de la vapeur, le rapport $\frac{f}{F} = e$ est toujours plus grand que l'unité.

Ce coefficient, analogue au coefficient hygrométrique, est lié à la vitesse du moteur par une loi mathématique, dans laquelle entrent divers facteurs, tels que : surface d'évaporation, nature du liquide et de l'air.

Dans le cas d'un carburateur à giclage fonctionnant à l'essence courante, ce coefficient doit être égal à 2,5.

En sorte que $f = 2{,}5 \times 11 = 27{,}5$ mm.

Cette tension correspond à — *9,5 degrés*, température minima pratique du mélange.

La température commune initiale du liquide et de l'air doit donc être de :

$$-9{,}5 + 28{,}4 = 18{,}9 \text{ degrés.}$$

Si l'essence et l'air ne sont pas pris à une température commune, on doit tout d'abord tenir compte de la température de l'un d'eux.

Soit T_1, la température de l'essence.

Son apport calorique est égal à :

$$0{,}46\,(T_1 + 9{,}5);$$

Le calorique à fournir par l'air seul sera donc de :

$$122 - 0{,}46\,(T_1 + 9{,}5);$$

L'excès de la température de l'air devra être de :

$$\frac{122 - 0{,}46\,(T_1 + 9{,}5)}{0{,}23 \times 16{,}8} = T_2;$$

Pour $T_1 = 10$, on trouve $T_2 = 29{,}7$ degrés.

La température de l'air sera donc de :

$$-9{,}5 + 29{,}7 = 20{,}2 \text{ degrés.}$$

La précédente théorie, qui est la base de la carburation, est grosse d'enseignement; on peut tout d'abord en déduire que les conditions du bon fonctionnement d'un carburateur sont dépendantes des températures, et que, pour le bon rendement d'un moteur, on doit pouvoir *régler ces températures avec autant* de précision que l'on règle le mélange d'air.

Les appareils construits jusqu'à présent avaient comme caractéristique de faire perdre au moteur 25 0/0 de sa puissance et de le prédisposer au cognement par inflammation anticipée.

Nos nouveaux appareils présentent, au contraire, cette particularité, que la puissance du moteur fonctionnant au pétrole lourd est supérieure de 10 0/0 environ à la puissance développée par la marche à l'essence.

Ceci s'explique du reste facilement, si l'on considère que les deux combustibles ont le même pouvoir calorifique, l'excès d'air nécessaire à l'évaporation rapide de l'essence enlève 33 0/0 de la puissance spécifique du moteur, tandis que l'élévation de température à l'aspiration du moteur au pétrole n'enlève que 18 0/0 de l'énergie, ce qui constitue, à l'avantage du pétrole, une augmentation de 13 0/0.

C'est du reste cette raison qui permet d'affirmer que le pétrole lourd est le carburant par excellence, et qu'il est prêt maintenant à prendre la première place dans les courses de vitesse, aussi bien que dans les concours de consommation.

DESCRIPTION DU CARBURATEUR CLAUDEL A COMBUSTIBLES LIQUIDES

Le moteur dont les applications se généralisent de plus en plus est sans contredit le moteur à explosion.

Dans ses formes les plus diverses, ce type de moteur thermique réalise en général les conditions les plus avantageuses au point de vue industriel; le *moteur à gaz* proprement dit, qu'il fonctionne au gaz de ville ou au gaz pauvre (indépendamment de la question économique pure, pour laquelle il tend à prévaloir sur tous ses concurrents) est arrivé à un perfectionnement tel, que les types récents de ce moteur présentent une sécurité de marche aussi grande que celle des meilleures machines à vapeur; leur encombrement moindre, leur propreté absolue, leur élasticité,

leur régulation, l'absence de surveillance dans leur fonctionnement, l'absence des dangers d'explosion ou d'incendie, sont autant d'avantages qui assureraient son succès, si ses générateurs (usines à gaz, gazogènes, carburateurs) égalaient la perfection et la simplicité de son mécanisme.

Il semble que l'attention doit surtout se reporter, maintenant, sur l'*alimentation* du moteur à explosion.

Le gaz à 0,20 f, les types récents de gazogène à charbon et combustibles solides, alimentant les moteurs industriels fonctionnant à poste fixe, ont abaissé de beaucoup le prix de revient de la force motrice pour les puissances élevées et moyennes, dans lesquelles le moteur à gaz pauvre tend à prévaloir.

Les carburateurs à essence assurent dans des conditions onéreuses le fonctionnement pratique des moteurs légers d'automobiles, de traction.

Le moteur à pétrole lourd est resté fort en arrière et c'est cependant de lui que l'industrie, la marine, la traction, attendent l'impulsion qui assurera la victoire du moteur thermique par excellence.

Le pétrole lourd est en effet riche en calorique, peu coûteux et abondant, facile à manier et à transporter là où le gazogène et l'usine à gaz ne peuvent être installés ou alimentés, où le combustible solide est trop coûteux.

La marine aurait un interêt considérable à utiliser ce combustible dont les prix d'exportation varient de 10 à 15 f les 100 kg.

On a jusqu'à présent créé des moteurs spéciaux, compliqués, dont l'ingéniosité des mécanismes ne parvenait pas à amener le fonctionnement parfait et à permettre l'application des perfectionnements récents.

Faute de pouvoir le gazéifier, on a dû l'employer à l'état de vaporisation incomplète après pulvérisation.

La complication de ces moteurs, l'entrainement de gouttelettes non vaporisées dont une partie se condense dans l'intérieur du cylindre, les obstructions qui en résultent, la combustion lente, conséquence d'une inflammation fusante, en font des outils d'une consommation coûteuse dont le fonctionnement irrégulier diminue encore la valeur industrielle.

Il est reconnu d'ailleurs que, tandis que les *moteurs à gaz* produisent le cheval-heure effectif avec une dépense de *2300 calories*, les meilleurs *moteurs à pétrole* actuellement connus, consomment, pour produire le même travail, *4300 calories* ; la diffé-

rence du prix de revient des combustibles, à poids égal, ne saurait égaler cet écart de *86 0/0*.

On a bien cherché à utiliser le pétrole à l'état gazeux, mais en le précipitant sur les parois surchauffées d'une cornue, même après pulvérisation, on a constaté des phénomènes de caléfaction, déterminant le prompt encombrement de la cornue et l'entraînement de gouttelettes (à une température inférieure à leur point d'ébullition) dont le contact avec le cylindre, en le résinifiant, le rend rebelle à toute lubréfaction, en même temps qu'elle détermine la formation de fumées acres et caractéristiques.

Si on envoie le pétrole à l'état de vapeur, dans la même cornue, les éléments carbonés qu'il contient se transforment en coke, nécessitant un nettoyage peu compatible avec ses emplois réguliers.

C'est donc la destruction instantanée et continue du coke, et après une vaporisation absolument rationnelle, qu'il est nécessaire de réaliser, pour être assuré de pouvoir substituer définitivement le pétrole brut ou lampant, combustible de toute sécurité, à l'essence, combustible coûteux et dangereux ; nous nous sommes attachés à résoudre ce problème.

L'idée principale qui a dirigé nos recherches a été de donner au *moteur à explosion type*, devant fonctionner au pétrole, un *générateur* approprié au combustible liquide, comme le gazogène à gaz pauvre a été approprié aux combustibles solides.

Étant donné que le pétrole, aussi bien que l'essence, est constitué uniquement de carbone et d'hydrogène, on était au préalable certain que la combustion complète ne produirait que de l'anhydride et de la vapeur d'eau, l'un et l'autre incolores et inodores.

Ces résultats ont été pleinement réalisés par le carburateur Claudel.

Cet appareil très simple, d'un volume et d'un poids très restreints, réalise, dans des conditions de rendement inconnues jusqu'ici, l'utilisation des combustibles liquides.

Il permet, notamment de transformer, par une opération continue et facilement réglable, le pétrole brut ou lampant en gaz fixe, sans production de vapeur, ni fumée ni odeur, sans obstruction des organes, et de le *substituer à l'essence* dans tous ses emplois à la force motrice.

Sans aborder ici l'étude des applications de cet appareil à la gazéification des combustibles solides, à l'éclairage et au chauffage, nous n'examinerons, dans cette note, que celles relatives

aux emplois dynamiques des combustibles liquides et surtout des pétroles lourds et lampants..

Nous résumerons rapidement les théories scientifiques bien connues, mais jusqu'alors inappliquées, sur lesquelles elles reposent, et, après avoir décrit l'appareil lui-même, nous en expliquerons la mise en marche et en préciserons les rendements.

Théorie.

Pour qu'un combustible produise son effet *thermique maximum* résultant d'une combustion complète, sous la plus haute température possible, il faut qu'au moment de l'inflammation ses éléments constitutifs aient été dissociés, amenés à l'état gazeux ou *gazéiforme* et mis en contact intime avec la *quantité de comburant strictement nécessaire à la combustion.*

Ce principe est absolu, il est conforme aux prescriptions des théories du Cycle Carnot ou de rendement maximum, et s'applique plus particulièrement aux moteurs thermiques.

Or, quelque progrès qu'ait fait, dans ces dernières années, l'emploi des combustibles dans les moteurs thermiques, ce principe reste jusqu'alors inappliqué. L'essence, le pétrole, l'alcool n'y sont employés qu'à l'état de vaporisation parfois incomplète et non de *gazéification.*

Or, la vaporisation, en amenant à l'état vésiculaire, les molécules combustibles, augmente considérablement leur volume relativement à celui correspondant à l'état gazeux; elle en limite l'inflammation à la périphérie et ne permet la combustion du noyau des vésicules que d'une manière lente et retardée sous l'action des comburants en excès dont l'échauffement inutile provoque un gaspillage du calorique.

La combustion à l'état vésiculaire a lieu en *deux phases* successives, la première phase permet la combustion de la périphérie de la vésicule qui s'entoure ainsi d'une couche de produits inertes dus à la combustion qui isolent en quelque sorte le noyau central du comburant.

Ce noyau central n'entre en combustion qu'après que l'enveloppe de gaz inerte a été disloquée par l'onde explosive ou diluée dans un excès ruineux de comburant.

L'intérieur des vésicules surchauffé par la combustion périphérique se dissocie partiellement et lorsqu'il s'agit de pétrole vient se résinifier sur les organes des moteurs, les tapissant de substances rugueuses rebelles à toute lubréfaction.

C'est ainsi que s'expliquent les fumées et l'odeur âcre des gaz d'échappement et la nécessité de fréquents nettoyages et démontages qui rendent les moteurs à pétrole actuels peu propres aux usages continus de l'industrie, de l'automobilisme et de la navigation.

Il est bien vrai que l'emploi de l'essence, dans ces conditions antiscientifiques, présente moins d'inconvénients que celui des autres combustibles liquides.

La ténuité de ses molécules constitutives, conséquence de son extrême volatilité et de sa tension de vapeur élevée, facilite leur intime mélange avec les molécules gazeuses, permet son usage dans le moteur thermique le plus parfait qui soit à l'heure actuelle, dans le moteur à explosion dont on connaît la régularité absolue, la haute puissance possible et l'excellent rendement.

L'essence à l'état de vapeur se rapproche beaucoup de l'état gazéiforme par ses propriétés physiques.

C'est cette qualité maîtresse qui assure le rôle prépondérant de l'essence dans l'alimentation des moteurs destinés à l'industrie et à l'automobilisme, malgré son prix élevé qui en fait un *combustible de luxe, et le danger* présenté par son emmagasinement et son transport.

L'emploi de l'alcool à l'état de vapeur et non à l'état gazeux présente de bien autres inconvénients.

La lenteur de sa vaporisation oblige, dans la plupart de ses applications, à en opérer le mélange avec une proportion considérable d'essence, en général 50 0/0, qui en diminue d'autant la consommation, tout en augmentant considérablement le prix de revient.

Ce mélange, en proportion empirique, n'assure, d'ailleurs, qu'une combustion incomplète de l'alcool et n'évite pas la formation d'aldéhydes qui, au contact de comburants toujours en excès, s'oxydent et se transforment en acide acétique qui corrode les soupapes et ne tarde pas à mettre hors de service les moteurs les plus sérieusement construits.

Nous ne connaissons, personnellement, aucun moteur fonctionnant industriellement sans nécessiter un rodage de clapet tous les quatre ou cinq jours, et dont les vapeurs d'échappement ne renferment pas une quantité plus ou moins grande d'acide acétique à l'état de vapeur de température fort élevée, 600 à 800 degrés.

La *dissociation à basse température* de l'alcool réduit sensiblement

ces inconvénients, élève son rendement, et diminue l'infériorité à laquelle le condamne sa faible puissance calorique dans sa lutte contre les autres combustibles liquides.

Cette dissociation rationnelle est assurée par notre appareil, dont nous allons tout d'abord étudier la conception primitive pour indiquer ensuite les perfectionnements qu'il a subis à la suite d'une expérimentation longue et laborieuse.

Deux solutions se sont imposées tout d'abord à notre esprit :

Si l'on introduit de la vapeur d'eau (H 20) dans la cornue surchauffée en même temps que des vapeurs de pétrole et si, en les amenant à la température de dissociation, au-dessus de 850 degrés, on provoque leur transformation en *oxygène* et en *hydrogène*, l'oxygène à l'état naissant et le carbone en formation se combineront nécessairement pour former de l'oxyde de carbone, volatil et combustible qui se mêlera intimement aux autres gaz explosibles et à l'hydrogène libre, gaz éminemment inflammable.

Il résultera de cette combinaison une *récupération de chaleur perdue* et une *destruction certaine* de tous les produits solides de la combustion.

Si, d'autre part, au lieu de vapeur d'eau, nous introduisons dans la cornue de l'*anhydride carbonique* (CO^2), dans les mêmes conditions de température que la vapeur, l'anhydride se dissociera en oxyde de carbone et en oxygène (CO + O).

L'oxgène transformera le carbone en oxyde de carbone avant la formation du coke, et ce phénomène, qui ne se produira qu'au contact des parties les plus surchauffées de la cornue, provoquera une *régénération* partielle du combustible, en même temps qu'il laissera en liberté les *gaz inertes* assurant le *maintien* de la issociation des autres éléments.

Ces deux réactions peuvent être provoquées soit isolément, soit ensemble.

Mais où trouver cette vapeur d'eau et cet anhydride carbonique ?

Faudra-t-il compliquer les moteurs, dont la simplicité est le premier mérite, par l'adjonction de générateurs spéciaux ?

Fort heureusement le moteur se charge de fournir lui-même les éléments oxydants de son combustible.

Les gaz d'échappement des moteurs à explosion se composent, en effet, de vapeur d'eau, d'anhydride carbonique et d'azote.

Les deux premiers éléments jouent leur rôle dans l'opération *d'oxydation du carbone* et le troisième, l'azote, bien loin d'y faire

obstacle, contribue, en tant que gaz inerte, au *maintien* de la dissociation.

Il nous suffit d'introduire, en quantité proportionnelle et facilement réglable, les gaz d'échappement du moteur dans la cornue de notre gazogène, pour assurer la *gazéification complète et sans dépôt* des pétroles introduits.

Mais pour éviter le phénomène de *caléfaction*, qui se produirait si les combustibles étaient projetés à l'état liquide sur les parois de la cornue, le pétrole est tout d'abord amené à l'état de vapeur surchauffée et la haute température des gaz d'échappement, la récupération de chaleur perdue qui résulte de leur emploi, servent encore à cette opération.

Afin d'assurer une dissociation complète du pétrole, le phénomène a été rendu indépendant de la phase d'aspiration du moteur; il est prolongé pendant la durée du cycle complet par l'introduction lente, sous régime constant, de la quantité de pétrole strictement nécessaire.

Sa durée est ainsi rendue *quatre* ou *cinq fois* plus longue que celle accordée à la simple vaporisation dans les moteurs usuels.

Nous évitons ainsi, nous le répétons, la caléfaction qui laisserait subsister des gouttelettes de pétrole non vaporisé, s'accumulant à une température inférieure au point d'ébullition ainsi qu'il arrive dans la généralité des moteurs à pétrole, même dans ceux munis de soi-disant gazéificateurs qui ne sont que des vaporisateurs incomplets.

Par l'ensemble de ces opérations, d'une simplicité élémentaire, nous devrons obtenir la parfaite gazéification des pétroles, leur rendement thermique maximum en même temps qu'une récupération.

Nous avons dû, afin d'augmenter les puissances développées, nous restreindre à une dissociation partielle, dans laquelle les produits gazeux maintiennent les vapeurs en suspension.

En outre, afin d'abaisser la température du mélange gazeux introduit dans le moteur, nous avons dû prendre l'élément oxydant (oxygène) dans l'air atmosphérique.

En premier lieu, l'adduction de gaz brûlés à l'intérieur de la cornue avait pour inconvénient de donner aux produits de dissociation une température trop élevée préjudiciable à la puissance développée par le moteur; d'autre part ce dernier nécessitait un refroidissement incompatible avec application automobile.

Nous avons donc songé à réduire la température des produits gazeux, même au détriment de la dissociation qui est maintenant effectuée à la température plus basse; l'élément oxydant a été emprunté à l'air atmosphérique constitué d'oxygène et d'azote; notre mélange gazeux combustible renferme une certaine quantité de vapeur de pétrole qui se trouve entraînée par les molécules de gaz fixe, il en résulte une combustion pratiquement parfaite.

Mais le point auquel nous nous somme particulièrement attaché a été la régulation; nous avons cherché à la simplifier et à la rendre automatique, nous avons pu réaliser ces desiderata et créer en même temps un appareil plus esthétique et moins encombrant dont la mise en route a été également améliorée.

Dans notre dernier type d'appareil, l'aspiration du moteur produit une introduction automatique de liquide combustible et de l'air nécessaire à l'oxydation du coke; air et liquide sont mis en contact dans l'intérieur de la cornue, cette dernière est chauffée extérieurement par les gaz provenant de l'échappement du moteur.

Les produits de dissociation sont aspirés par le moteur et passent de l'intérieur de la cornue à une chambre de mélange traversée par l'air de combustion aspiré également par le moteur.

Le mélange produit se rend au moteur.

Le parcours que le liquide, se transformant en vapeur et enfin en gaz, est obligé de faire en contact avec une quantité d'air déterminée, assure la transformation du coke en oxyde de carbone, grâce à l'oxydation produite par cet air qui abandonne la presque totalité de son oxygène.

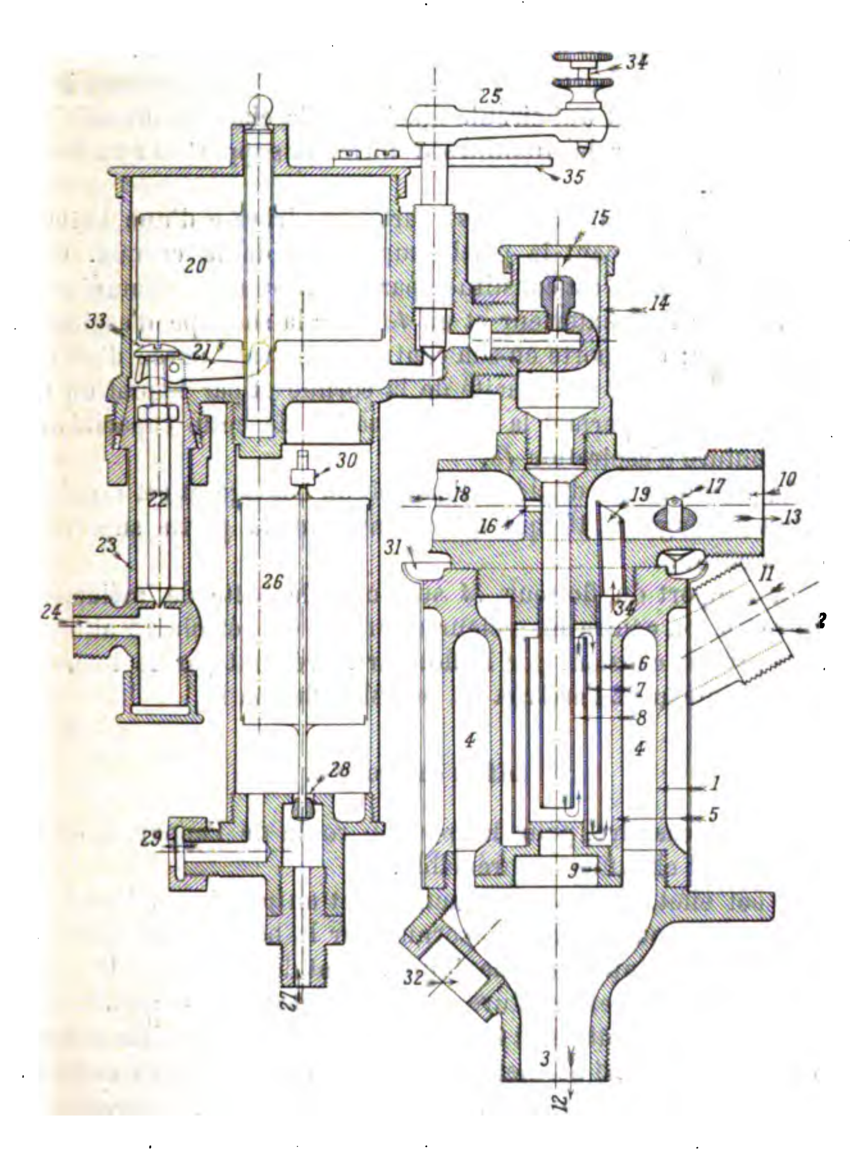
La quantité d'air introduite dans la cornue est fonction de la teneur en coke du combustible et est toujours très petite par rapport à la quantité d'air nécessaire à la combustion.

Autorégulation.

La communication de la cornue à la chambre de mélange ainsi que les tubes de dissociation disposés en chicane à l'intérieur de la cornue ont pour but de créer une *résistance* convenable à l'*écoulement du gaz* dans la chambre du mélange.

Cette résistance augmente avec la vitesse d'écoulement, c'est-à-dire avec la succion du moteur dans la chambre de mélange; il en résulte que, quand la vitesse de ce dernier augmente, la

dépression produite à l'intérieur de la cornue et, par suite, sur l'ajutage d'écoulement du pétrole augmente, mais dans une *proportion moindre* que si l'ajutage était en communication directe avec la chambre de mélange ou colonne principale d'aspiration.



Les divers étranglements sont réglés une fois pour toutes et de façon telle qu'à vitesse maxima et à vitesse minima la carburation soit constante.

On a ainsi, sans aucun organe mobile ou régulateur quelconque, un réglage de la carburation aussi rigoureux qu'on le désire.

L'appareil indiqué (fig. *1*) est constitué par un corps cylindrique en fonte 1, formant double enveloppe par suite de la venue d'une seule pièce à son intérieur, et suivant son axe, de la cornue *5*, dont le fond est fermé par un bouchon 9.

L'enveloppe 1 porte une tubulure 2 par laquelle pénètre le gaz de l'échappement qui circule ainsi dans la chambre annulaire *4* et s'échappe par la tubulure *3* formant support d'attache de l'appareil.

L'enveloppe est munie à sa partie supérieure d'une boîte de mélange *10* formant la partie supérieure de la cornue. Cette boîte de mélange est constituée par une tubulure communiquant en *18* avec l'air extérieur et en *13* avec la soupape d'aspiration du moteur; elle porte en son centre un bossage percé d'un trou axial prolongeant la capacité de la cornue et par lequel un très petit orifice 16 permet la communication de cette capacité avec la tubulure d'aspiration *18*.

La tubulure est dilatée à l'endroit du bossage et est munie de tubes mélangeurs 19 qui débordent dans la partie supérieure de la cornue.

Le support du flotteur *14* surmonte la boîte de mélange et porte en son centre un gicleur d'arrivée de pétrole 15 alimenté sous niveau constant par le flotteur 10 réglant par le levier 21 et le pointeau 22 l'arrivée du pétrole faite en 24.

Mise en route.

Il est nécessaire, pour la mise en route de l'appareil, que la cornue soit chauffée au préalable.

A cet effet, une lampe fonctionnant au *pétrole lourd exclusivement* est introduite sous la cornue par le bouchon amovible 32 et, en trois minutes au maximum, étant donnée la faible masse de la cornue, la température suffisante pour le départ est atteinte, la lampe étant retirée et le bouchon 32 replacé, il suffit d'ouvrir le robinet à vis 25 permettant l'arrivée du pétrole à l'ajutage 15. Il suffit de faire deux ou trois aspirations au moteur pour effectuer sa mise en marche, l'échappement arrivant par la tubulure *11* réchauffe la cornue et le régime permanent est obtenu.

Dans le cas où l'emploi d'une très petite quantité d'essence ou

d'alcool n'est pas dangereuse ou trop onéreuse pour éviter l'attente du chauffage, un flotteur 26 alimenté d'essence ou d'alcool règle l'arrivée du liquide volatil au gicleur *17*, monté sur la tubulure d'aspiration *13*, comme il est fait dans les carburateurs courants à essence.

Une coupelle *31* peut également servir au réchauffage suffisant au démarrage. On la remplit d'alcool ou d'essence et, après la combustion de son contenu, on peut, après plusieurs aspirations, obtenir le démarrage, on laisse tourner le moteur à vide pendant une demi-minute et on charge ensuite normalement.

La première méthode s'emploie à poste fixe, dans les régions tropicales, la marine et, en général, partout où il est indispensable de ne mettre en vente que du pétrole.

La seconde méthode, grâce à son départ instantané et au changement de combustible sans ralentissement du moteur, est la plus élégante pour nos contrées, et l'automobilisme en particulier.

La première solution répond à une nécessité, la seconde évite l'attente du chauffage et la manœuvre de la lampe; l'une et l'autre sont assurées.

Fonctionnement.

La dépression produite par l'aspiration du moteur permet le passage de l'air de combustion dans la chambre du mélange suivant les flèches 18-13.

Cette dépression se fait sentir dans la cornue et, par suite, sur l'ajutage, grâce aux tubes de communication 19.

Le pétrole s'écoule donc par l'ajutage et gagne la cornue où il se vaporise dans le tube central 8, la vapeur formée de surchauffage entre les tubes 7 et 8 et la dissociation s'effectue sur les parois de la cornue *5*.

La dépression à l'intérieur de la cornue permet l'introduction, par le petit orifice 16, d'une quantité d'air proportionnelle à la quantité de liquide introduit et, par suite, à la quantité de coke à transformer.

On voit sur la figure 2 que l'orifice du gicleur 15 est séparé de la chambre de mélange (dans laquelle la dépression aspirative est très grande) par les tubes 19, 6, 7 et 8 qui produisent un étranglement qui a pour but de rendre la dépression sur le

gicleur 15 moindre que dans la colonne d'aspiration ou chambre de mélange.

La perte de charge due à ces étranglements augmente avec la vitesse d'écoulement, c'est-à-dire avec la dépression aspirative sensiblement portionnelle à la vitesse du moteur.

Il suffit, pour avoir la carburation constante à tous les régimes, de régler cette perte de charge ou étranglement, de telle façon qu'à grande vitesse aussi bien qu'à vitesse lente, la quantité de pétrole introduite soit toujours proportionnelle à la quantité d'air aspiré par le moteur, dans la proportion de 1 kg de pétrole pour 16,500 kg d'air.

Cette condition de carburation constante est capitale pour toutes les applications dans lesquelles on demande au moteur de l'élasticité, comme dans l'automobilisme, la marine, la traction, ou des écarts de travail considérables, groupes électriques, industrie.

Il arrive, en effet, qu'avec les carburateurs ordinaires à essence, on doit, pour les écarts de vitesse donnés, changer en même temps la carburation, c'est-à-dire dès que la vitesse du moteur augmente on doit augmenter l'air et *vice versa*, ceci dû à ce que les écoulements de liquide et d'air ne sont pas proportionnels.

Grâce à notre dispositif on peut faire tourner un moteur de 200 à 2 000 tours sans que la carburation varie et sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucun réglage.

Pour l'établissement d'un type d'appareil, voici comment nous opérons :

Nous déterminons la dépression sur le gicleur, à 300 tours par exemple, en faisant intervenir la perte de charge à cette vitesse et déterminons la section de l'orifice du gicleur dans lequel la vitesse d'écoulement est donnée par la formule :

$$V^2 = \sqrt{2g(h - h')} + \sqrt{2g \frac{(p - p')}{d}},$$

dans laquelle $h - h'$ est la hauteur d'écoulement du liquide, $p - p'$ la dépression aspirative *variable* ; d est la densité du pétrole.

Nous déterminons la dépression aspirative à 2000 tours et réglons notre perte de charge de telle façon que la vitesse V prenne une nouvelle valeur sensiblement proportionnelle à la vitesse angulaire du moteur.

Nous ferons remarquer en passant que le réglage par pointeau est inapplicable, car il donne un écoulement constant de liquide si l'on ne manœuvre à tous instants la position des robinets.

Étant donnés la régulation rationnelle de nos appareils et leur fonctionnement sans excès de comburant (contrairement aux carburateurs à essence qui, on le sait, entraînent une perte calorique de 20 à 25 0/0, on pouvait prévoir un rendement très elevé, les expériences ont pleinement confirmé nos résultats.

Ainsi que les procès-verbaux annexés l'indiquent, la consommation d'un moteur à allure rapide automobile genre Aster, de Dion, etc., de la puissance de 7 ch est de :

0,34 l de pétrole par cheval-heure effectif;
0,69 l de pétrole par kilowatt-heure aux bornes;

en pétrole 812 à 0,25 f le litre.

Le même moteur dépense :

0,50 l d'essence par cheval-heure effectif;
1,105 l d'essence par kilowatt-heure aux bornes;

en essence à 0,45 f le litre :

Le cheval-heure à pétrole coûte donc 0,085 f.
— à essence — 0,225 f.

Pendant les essais on a constaté une marche absolument régulière du moteur. On a pu passer instantanément de la pleine à la demi-charge et à la marche à vide et *vice versa* sans produire aucun réglage au carburateur.

Le carburateur à essence nécessitait une diminution d'air importante quand on passait de la pleine à la demi-charge ou à la marche à vide; dans ce dernier cas le moteur présentait une série de ratés qui eussent immédiatement arrêté sa marche si l'on n'avait pas opéré le nouveau réglage.

Sur moteur à vitesse lente, genre Crossley, la consommation par cheval-heure effectif est descendue à 0,27 l, soit 210 g.

Dans l'un et l'autre cas et après soixante-dix heures de marche, le moteur et les appareils ont été démontés, nulle trace d'encrassement n'a été découverte, les bougies d'allumage paraissaient absolument neuves.

Sur un parcours total de (18 000) dix-huit mille kilomètres, qui a précédé la mise en exploitation, le moteur d'une voiture

d'essai a été démonté trois fois sans qu'il soit constaté aucun encrassement ou usure anormale.

En résumé, les avantages principaux du carburateur Claudel peuvent se résumer ainsi :

Économie de 60 0/0 sur l'emploi de l'essence;

— 20 0/0 sur l'emploi du gaz de ville;

Absence absolue d'encrassement des moteurs et des appareils;

— d'odeur ou de fumée;

Fonctionnement assuré sur tous moteurs, quels qu'en soient la vitesse, la puissance, le régime, le mode d'allumage;

Adaptation aux types les plus divers, sans changement d'aucun organe;

Absence totale de réglage ou surveillance.

Nous rappelons qu'en ce qui concerne les applications maritimes, le prix du pétrole varie de 10 à 15 f les 100 kg.

Des essais de grande puissance (300 à 900 ch) vont être effectués incessamment en vue d'une application maritime; nous serons heureux de communiquer les résultats à la Société.

Essais du carburateur Claudel

à la maison De Dion, Bouton et Cie, Ingénieurs-Constructeurs,

36, quai National, à Puteaux (Seine).

Puteaux, le 27 janvier 1904.

Essai de ce jour sur un groupe électrogène a 150 volts.

Gazogène Claudel au pétrole lampant ordinaire D = 0,817;

Régime du groupe : 22 ampères × 150 volts.

Consommation de pétrole relevée de 9 à 10 heures = 2,35 l;

— — 10 à 11 — = 2,33 l;

— — 9 à 11 h. 12′ = 5 l.

La consommation de la première heure est un peu plus grande à cause de la mise en marche à froid.

Énergie produite à la dynamo : 22 × 150 = 3300 watts.

Dépense moyenne par heure : $\frac{5\text{ l} \times 60}{132} = 2{,}27$ l;

— — par kilowatt-heure : $\frac{2{,}27}{3{,}3} = 0{,}683$ l.

Aucune particularité dans le fonctionnement du moteur dont la marche était régulière.

L'Ingénieur chef des Services électriques,
Signé : L. Guillet.

ÉTUDE

SUR LA

PRODUCTION DE LA VAPEUR[1]

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

PRÉFACE

Les unités de puissance en force motrice ou énergie, deviennent de plus en plus grandes et aujourd'hui les forces de 10 000, 15 000, 25 000 et 35 000 ch passent pour courantes : il y a même quelques grands transatlantiques qui ont 40 000 ch indiqués de puissance.

Pour les stations de production d'énergie électrique comme pour les navires, la place occupée dans les grandes villes a aussi sa grande importance; les terrains étant chers et le cube des bâtiments devient très coûteux avec les générateurs encombrants à faible production, qui eux-mêmes sont d'autant plus coûteux, qu'ils produisent peu par mètre carré et par heure : de sorte qu'il y a lieu de se demander pourquoi on continue à installer des chaudières très volumineuses, réclamant beaucoup de maçonnerie pour un effet utile déterminé, qui est ici, la transformation de 1 kg de combustible en *m* ou *n* kilogrammes de vapeur sous une pression déterminée qui tous les jours devient de plus en plus élevée; car les pressions de 14, 17 et 20 atm sont aujourd'hui en usage; celle de 15 à 16 kg semble très suffisante à beaucoup de bons esprits pour le moment.

Mais de telles pressions semblent considérablement dangereuses, avec des chaudières des types à bouilleurs et semi-tubulaires, ayant depuis 1,800 m jusqu'à 2,400 m de diamètre et certaines pour la marine 5 m.

D'un autre côté, il y a lieu de se demander, si ces très volumineux générateurs de vapeur, à très lente production, utilisent mieux le calorique développé par la combustion, que les chaudières bien ramassées à production dite intensive, et enfin, si les volumineuses chaudières à gros massif de maçonnerie, donne une meilleure combustion que les locomotives, par exemple.

(1) Voir Planches 63, 64 et 65.

L'examen de la question ainsi posée m'a conduit à reconnaître, il y a plus de quarante ans : 1° que les chaudières dites à bouilleurs et semi-tubulaires sont loin et bien loin de donner pratiquement la combustion la plus voisine de la combustion théorique ; 2° qu'elles refroidissent mal les produits de la combustion ; 3° que par manque d'une bonne circulation d'eau, intérieurement, elles donnent lieu à des coups de feu aux tôles dans le voisinage des foyers et 4° qu'elles donnent, pour la plupart, des torrents de fumée noire très épaisse des plus incommodes pour le voisinage, preuve d'une combustion incomplète ; c'est ce que je vais essayer de démontrer, avec preuves à l'appui, de cette opinion, que je crois très fondée.

§ 1er. — De la quantité d'air employée par la combustion dans les foyers des chaudières à vapeur.

On trouve dans *la Mécanique* de Morin et Tresca, ainsi que dans mon ouvrage sur *les Combustibles*, de 1878, qui l'a reproduit, § 140, page 161, le tableau des expériences faites par la Société Industrielle de Mulhouse, sur l'action de volumes d'air plus ou moins considérables, sur la combustion et la production de la vapeur, par kilogramme de houille consommée (brûlée).

La houille type employée pour les expériences était celle de Ronchamps, très cendreuse et sulfureuse (pyriteuse).

Tableau n° 1.

TYPE DES CHAUDIÈRES	VOLUME D'AIR à + 15 degrés en mètre cube par kilogr. de houille	TEMPÉRATURE des gaz brûlés (fumée) à la cheminée	POIDS DE VAPEUR produit par 1 kg de houille brute
	mètres cubes	degrés cent.	kilogr.
Chaudière Zambeaux verticale tubulaire cylindrique, à boîtes à feu et à fumée.	7,230	262	7,680
Chaudière Dollfus à bouilleurs. .	8,380	441	6,710
Chaudière Prouvost semi-tubulaire	16,360	184	7,690
Chaudière Molinos et Pronnier tubulaire, à chauffage graduel et méthodique, avec boîte à feu de locomotive	17,250	257	7,730

Comme on le voit ici, les chaudières Zambeaux et Prouvost sont, comme consommation d'air dans le rapport de 7,230 m³ : 16,360 m³, et comme température des fumées à la cheminée, dans celui de 262 : 184 degrés, qui sont des extrêmes en opposition, alors que la production de la vapeur par kilogramme de la même houille est dans le rapport de 7,680 à 7,690 kg : donc la différence est nulle, puisqu'elle n'est calculée que de :

$$\frac{1}{769} = \frac{13}{10\,000}.$$

Quant à la chaudière Molinos (1), du type des locomotives à production relativement intensive, mais avec une disposition donnant l'échauffement graduel et méthodique, elle a consommé encore plus d'air que la chaudière Prouvost avec une fumée plus chaude de 257 — 184 degrés = 73 degrés et en produisant 7,730 — 7,690 kg = 0,040 g de vapeur par kilogramme de houille de plus que la chaudière Prouvost, soit un demi pour cent ou rien en pratique industrielle.

C'est ce qui donnait lieu à l'observation judicieuse de Tresca : que plus ou moins d'air pour la combustion de la houille dans les foyers des chaudières à vapeur n'avait aucune importance, sur leur rendement, dès que le minimum en volume était supérieur à 10 0/0 du volume théorique et quand le maximum en volume ne dépassait pas 100 0/0, ou ne le dépassait pas sensiblement. On peut consulter avec intérêt, à ce sujet, le très remarquable ouvrage de Morin et Tresca datant de 1863 (2); aussi bon aujourd'hui qu'à cette époque.

§ 2. — Conductibilité des métaux, fer, acier, bronze et laiton.

Ces métaux sont ceux employés dans la construction des armes à feu et des chaudières à vapeur. Nous ne connaissons pas encore aujourd'hui, la limite extrême de la propagation de la chaleur dans les métaux, car nous ne connaissons que leur conductibilité relative : mais nous savons, par exemple, d'après M. de Saint-Robert, que dans un fusil tiré à blanc (3) :

1° La vitesse de la combustion des poudres vives est de mille (1 000) mètres environ à la seconde ;

(1) Voyez l'ouvrage d'ARMENGAUD aîné sur *les Chaudières et Machines à vapeur de 1862*.
(2) Hachette, éditeur, à Paris.
(3) Renseignement donné par M. Marcel Deprez dont l'auteur a pensé à généraliser la belle théorie que ce savant a donnée dans sa remarquable conférence du 4 décembre 1903.

2° La durée de cette combustion pour une charge déterminée est de 1/1 000 de seconde;

3° La quantité de calorique transmis à l'arme en 1/1 000 de seconde est d'un tiers environ du calorique total développé par l acombustion totale de la poudre.

La preuve matérielle de l'échauffement des armes à feu, c'est qu'après avoir tiré 10, 15 ou 20 coups de la même arme, en peu de temps, en une ou deux minutes, il n'est plus possible de tenir à main nue le canon d'un fusil sans se brûler les doigts.

Il y a soixante ans environ, Clément Desormes a fait des expériences sommaires sur la conductibilité de gros serpentins de distillerie, pour en déterminer la valeur comme condenseur par surface. Plus tard, Laurens et Thomas, par de nouvelles expériences, plus concluantes, ont trouvé que, pour des serpentins en cuivre de 15 à 20 mm de diamètre intérieur, et pour une différence de 55 degrés, sous pression de 5,5 atm, la quantité de vapeur condensée était de 400 kg par heure et par mètre carré, ce qui donne une condensation de :

$$\frac{400 \text{ kg}}{55^\circ} = 7,272 \text{ kg par mètre carré et par heure,}$$

pour une différence de 1 degré seulement, et une transmission de :

$$7,272 \text{ kg} \times 536 \text{ cal.} = 3\,897 \text{ calories par heure et par mètre carré.}$$

Dans le Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France, de septembre 1903, on trouve, page 217, une très intéressante étude de M. Sekutowicz sur la conductibilité des parois des *triple effet* des sucreries et raffineries, qui sont des appareils tubulaires à tubes verticaux, du modèle de ceux des locomotives, de 50 mm de diamètre généralement; M. Sekutowicz a trouvé qu'en moyenne, pour une différence de 8°,8; la transmission utilisée était de 18 304 calories par mètre carré et par heure, ce qui donne une transmission utilisée, par mètre carré et par heure, pour une différence de 1 degré, de :

$$\frac{18\,304 \text{ cal.}}{8^\circ 8} = 2\,080 \text{ calories.}$$

Comme nous allons le voir, l'utilisation de la conductibilité dans les chaudières de locomotives, dite intensive, est loin d'être aussi grande.

Au Bulletin de la Société, de juin 1892, pages 320 à 325, et

Pl. 65, on trouve une notice sur les chaudières de feu Belpaire notre collègue, qui, à cette époque, était Administrateur-Directeur général des Chemins de fer de l'État Belge, dont le type 12 a les dimensions ci-dessous :

1° Surface utile de grille.		4,70 m²
2° — de chauffe du foyer . .	12,50 m²	124,67 m²
3° — — des tubes. .	112,17 m²	
4° Production maxima de vapeur par heure (1).		15 500 kg
5° Consommation de houille ordinaire, en moyenne et par heure		2 000 kg
6° Consommation de houille par mètre carré de grille et par heure . . . . . . $\frac{2\,000\text{ kg}}{4{,}70\text{ m}^2}$		427 kg
7° Production de vapeur maxima par mètre carré moyen et par heure . . . . . $\frac{15\,500\text{ kg}}{124{,}67\text{ m}^2}$		124 kg
8° Le calorique transmis par heure et par mètre carré moyen n'est encore ici que de 124 kg × 640 cal.		79 360 cal.
9° La différence de température moyenne, entre l'eau de la chaudière à 185 degrés et les gaz brûlés $\left(\frac{1\,570° + 400°}{2} = 985°\right)$, est de 985° — 185° = ...		800°
10° Le calorique transmis par mètre carré moyen et par heure pour une différence de 1 degré, est donc de $\frac{79\,360\text{ cal.}}{800°}$ = ...		99 cal.

N. B. Il faut remarquer ici que le foyer Belpaire est très grand et que ses tubes sont très courts, n'ayant que 3 m de longueur.

En admettant 100 calories par heure et par mètre carré, en chiffres ronds, pour une différence moyenne de 1 degré, on trouve que l'utilisation de la conductibilité dans la chaudière Belpaire, est vingt fois plus petite que celle des triple-effet et trente-neuf fois moins grande que celle du serpentin de Laurens et Thomas.

Depuis que l'on emploie, pour les chaudières, des tubes à ailettes léchées par les gaz brûlés (fumée), la surface de chauffe est comptée sur celle en contact avec ces gaz, qu'il ne faut pas confondre avec celle mouillée par l'eau à vaporiser.

(1) Chiffre donné à l'auteur par M. Belpaire lui-même.

Chaudières des nouvelles locomotives à très grande puissance de 1903 de la Compagnie d'Orléans.

1° Surface des tubes à ailettes, comptés intérieurement et donc avec les ailettes développées ou surface léchée par les gaz brûlés (fumée)	226,28 m^2
2° Surface de la boîte à feu	16,12 m^2
3° Surface totale	242,40 m^2
4° Surface de grille.	3,10 m^2
5° Diamètre extérieur des tubes	0,070 m
6° Surface mouillée (en contact avec l'eau). . . .	142 m^2
7° Houille (briquettes) brûlée par heure et par mètre carré de grille	500 kg
8° Combustion totale par heure $3{,}10\ m^2 \times 500\ kg =$	1 550 kg (1)
9° Production de vapeur et par heure, probable $15{,}50\ kg \times 8\ kg =$.	12 400 kg
10° Production de vapeur par mètre carré moyen mouillé et par heure $\frac{12\,400\ kg}{142\ m^2} =$	87 kg

Dans ces nouvelles et très puissantes chaudières, les tubes étant beaucoup plus longs que ceux de celles de Belpaire, la production par mètre carré moyen est beaucoup moins grande, 87 kg au lieu de 124 kg, ce que les cinq figures de la planche 63 font bien comprendre. La quantité de calorique transmis par mètre carré mouillé moyen et par heure, n'est plus que de 70 calories, donc 28 fois plus petite que dans les triple-effet et 55 fois moins grande que dans le serpentin Laurens et Thomas.

C'est pour cette raison qu'en 1860, Thomas me disait qu'une pompe centrifuge à très grande vitesse était indispensable pour renouveler le contact de l'eau sur les surfaces de vaporisation et surtout pour en chasser les bulles isolantes de vapeur, qui adhèrent à la surface de chauffe, bulles que les vibrations et chocs détachent en abondance (2).

(1) Les locomotives des rapides du Nord brûlent, à la vitesse de 100 km à l'heure, 15 kg de charbon par kilomètre pour les trains fortement chargés, soit donc, par heure, 15 kg × 100 = 1 500 kg.

(2) En 1862, M. John Edler, Ingénieur anglais, a fait breveter une circulation forcée au moyen d'une hélice. Vers 1865, M. Garnier, Ingénieur, Directeur d'établissement d'Indret (Marine Nationale), a installé, avec succès, des turbines à brasser les chaudières marines. Depuis, on a cherché à obtenir le brassage sans mécanique, en utilisant les courants qui se développent dans les chaudières. Le brassage est encore indispensable pour obtenir l'égalité de température et éviter les dilatations inégales, donc les fuites.

C'est aussi ce qui me fait croire que les trépidations de marche à grande vitesse détachent rapidement les bulles de vapeur, en favorisant grandement la production des surfaces de chauffe des locomotives. C'est ce que l'on appelle la production chaotique ou vibratoire.

La conductibilité de la chaleur, qui est pour ainsi dire illimitée, permettrait donc, si l'utilisation était la même pour les locomotives que pour les serpentins, de réduire leur surface de chauffe de 142 m^2 à $\frac{142}{55} = 2{,}58$ m^2.

Dans la marine, les condenseurs par surface, malgré de la vapeur grasse et de l'eau grasse (qu'on dégraisse le plus possible), n'ont généralement que le quart ou le cinquième de la surface totale de chauffe des chaudières pour une différence moyenne de température de 50 degrés et non de 800 degrés comme dans les chaudières.

On peut donc encore considérablement diminuer la surface de chauffe des chaudières fixes. Le surmenage des chaudières n'est qu'un mot qui, en réalité, exprime une idée des plus fausses Ainsi supposons une chaudière de 100 m^2, ayant une grille de 2 m^2, soit le rapport au cinquantième ; on dira qu'elle est à vaporisation modérée ou douce. Mais si, par la pensée, on lui enlève la moitié de sa surface, soit 50 m^2 sans rien changer, le coup de feu restant le même, produira le même effet ; la vaporisation totale seule sera diminuée de 10 0/0 environ (1), et, au lieu de produire 15 kg de vapeur par heure et par mètre carré moyen, elle en produira 15 kg $\times$ 2 $\times$ 0,9 $=$ 27 ; alors on dira qu'elle est surmenée et cependant rien n'aura été changé au coup de feu, qui continuera à produire, par mètre carré exposé au rayonnement direct de la grille, suivant l'activité du feu, depuis 250 jusqu'à 350 kg de vapeur par heure et même plus.

§ 3. — Chute de température des fumées passant des boîtes à feu des locomotives dans leurs boîtes à fumée.

Cette chute de température est beaucoup plus grande que l'on ne le pense généralement. Je donne ici celle qui a été observée sur les locomotives de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, du type Forquenot à grande vitesse, en 1884.

(1) Ce que l'examen des figures 3, 4 et 5 de la planche 63 fait voir du premier coup d'œil.

Chute de température des gaz brûlés ou fumées passant de la boîte à feu à la boîte à fumée.

a) Vitesse moyenne d'écoulement des gaz brûlés ou fumées, par seconde, pour une aspiration utile de 0,050 m d'eau (soit de 100 mm d'eau dans la boîte à fumée, la grillle donnant lieu à une perte de charge de 0,050 m) . . . . 50 mètres.
b) Longueur maxima des tubes P. O . . . . 5 mètres.
c) Température dans la boîte à feu . . . . . 1 600 degrés.
d) — — à fumée . . . . 400 —
e) Chute de température 1 600 — 400 degrés 1 200 —
f) Temps ou durée de cette chute : $\frac{5\text{ m}}{50\text{ m}} = \frac{1}{10}$ de seconde.

On peut considérer ce refroidissement comme foudroyant, bien que très limité comme utilisation partielle de la conductibilité.

§ 4. — Chaudières intensives Marine.

Si nous passons des chaudières des locomotives aux chaudières marines, nous sommes amenés à faire les mêmes remarques.

Chaudières de M. Augustin Normand des contre-torpilleurs Arquebuse et Arbalète, à tubes d'eau et à libre dilatation (1).

a) 1° Surface de chauffe totale d'une chaudière. . 342,19 m²
b) 2° Surface de grille totale d'une chaudière . . 7,15 m²
3° Rapport $\frac{7{,}15\text{ m}^2}{342{,}19\text{ m}^2}$ = ... $\frac{1{,}00}{47{,}85}$
c) 4° Travail maximum indiqué pour une chaudière $\frac{7200\text{ ch}}{2}$ = ... 3 600 ch
5° Travail probable effectif 3 600 ch × 0,80 = 2 880 ch
6° Vapeur consommée probablement par heure 2 880 ch effectifs × 8 kg = ... 23 040 kg

(1) Ces contre-torpilleurs ont deux chaudières semblables pour donner la force de 7 200 ch indiqués.

d) 7° Consommation de charbon par heure et par mètre carré de grille . . . . 400 kg

8° Consommation totale par heure 400 kg $\times$ 7,15 m² = ... 2 860 kg

9° Production probable de vapeur réelle par kilogramme de charbon $\frac{23\,040 \text{ kg}}{2\,860 \text{ kg}}$ = ... 8 kg

10° Production de vapeur par mètre carré moyen et par heure $\frac{23\,040 \text{ kg}}{342{,}19 \text{ m}^2}$ = ... 67,326 kg

N.-B. — Les chiffres *a*, *b*, *c* et *d* sont donnés par une lettre de MM. Augustin Normand et Cie en date du 19 mars 1904.

On est donc en droit de se dire que ces chaudières à tubes d'eau (à petits éléments) vaporisent, par heure et par mètre carré moyen, sensiblement autant que les chaudières des locomotives.

D'un autre côté on remarquera que 3 600 ch indiqués, avec une dépense de 2 860 kg, met la dépense par heure et par cheval indiqué à $\frac{2\,860 \text{ kg}}{3\,600 \text{ ch}} = 0{,}794$ kg, ce qui, pour une marche de contre-torpilleur, peut être, à juste titre, considéré comme une excellente marche, le cheval effectif réel ne dépensant pas très probablement $\frac{0{,}794 \text{ kg}}{0{,}85} = 0{,}934$ kg, ce qui est un très beau et très bon résultat.

§ 5. — Étude expérimentale faite à la Compagnie P.-L.-M. de 1885 à 1890, par MM. A. Henry et Ch. Baudry, Ingénieurs en chef, publiée aux Annales des Mines, en août 1894.

Cette étude fait bien voir la supériorité du type des chaudières des locomotives sur tous les autres. Pour un temps, on reprochait, non sans raison, à cet excellent type, la difficulté d'en enlever les incrustations; mais aujourd'hui, que toutes les grandes usines sont pourvues d'épuration préalable des eaux d'alimentation, la question des incrustations ne peut plus lui être opposée.

L'étude de MM. Henry et Baudry porte sur les mêmes chaudières munies de tubes lisses et de tubes à ailettes : cette étude

Études faites de 1885 à 1890 par MM. Henry et Baudry, Ingénieurs en chef, sur la vaporisation des locomotives, à la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M. — Pression de la vapeur : 10 kg.

Tableau n° 2.

1. Diamètre des tubes. . . . . mm	50	50	50	50	50	50	50
2. Longueur des tubes. . . . . m	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00	7,00
3. Tirage maximum dans la boite à fumée exprimé en colonne d'eau. mm	75	75	75	75	75	75	75
4. Température des gaz brûlés dans la boite à fumée. . . . . . degrés	450	404	366	332	304	262	239
5. Température de l'eau dans les chaudières à 10 kilogrammes . degrés	185	185	185	185	185	185	185
6. Différence de tempér^e entre l'eau et la fumée à sa sortie des tubes. degrés	265	219	181	147	119	77	54
7. Production de vapeur par mètre carré moyen et par heure. . . . kg	67	62	57	51	45	35	29
8. Production par 1 kg de briquettes brutes, à 7 890 calories . . . . kg	8,13	8,66	9,11	9,42	9,60	9,80	9,94
9. Rendement thermique *. 0/0	66	70	74	76	77 1/2	79 1/3	80

N. B. — Avec un tirage de 45 mm d'eau, correspondant à celui de 15 mm d'une cheminée de 35 m de hauteur, avec des sections suffisantes de passages de fumée, le rendement thermique, pour une longueur des tubes de 5 m et de 0,050 m de diamètre, est de 80 0/0; mais la production, par heure et par mètre carré moyen, tombe de 45 kg à 36 kg, que l'on peut considérer pour des chaudières fixes, comme très grande production.

Résumé des résultats donnés par M. le D[r] Aimé Witz sur la production de quatre types différents de chaudières à vapeur.
(Voir à ce sujet les articles de M. A. Witz, dans la journal l'Éclairage électrique. *des 4 et 11 janvier 1902.)*

TABLEAU N° 3.

1. Type des chaudières		A foyer intérieur cylindrique anglais	Semi-tubulaire avec économiseur Green (1)	Semi-tubulaire sans bouilleur	Multitubulaire Collet-Niclausse
2. Surface de chauffe de la chaudière	m²	60,00	200,00	190,39	60,29
3. Id. du réchauffeur dit « économiseur »	m²	»	200,00	»	»
4. Id. de chauffe totale	m²	60,00	400,00	190,39	60,29
5. Id. de grille	m²	1,44	4,00	2,60	1,74
6. Tirage de la cheminée en millimètres d'eau	mm	6,7	»	18,6	5,00
7. Pression et température de la vapeur	kg degrés	12,390 192	8,00 175	4,420 185	11,235 185
8. Température de l'eau d'alimentation	degrés	19 2/3	»	77 6/10	16
9. Id. de la fumée au registre	degrés	288	»	218 6/10	261
10. Eau vaporisée par heure et par mètre carré moyen	kg	17,420	Chaudière . . 11,010 Avec Green . 5,505	13,400	16,610
11. Id. par kilogramme de charbon brut	kg	9,276	8,780	9,470	8,690
12. Pouvoir calorifique du kilogr. de charbon brut	cal.	7 923	8 000	7 741	7 698
13. Calories utilisées par kilogr. de charbon brut	cal.	5 983	5 792	5 477	5 629
14. Rendement thermique	0/0	75 1/2	72 4/10	70 8/10	73 1/10

(1) Chaudière semi-tubulaire à deux bouilleurs du type des sucreries et raffineries.

possède 116 pages, avec un grand nombre de tableaux et 11 grandes planches que je ne puis reproduire ici; mais par un tableau j'en donne sommairement le résumé et les conclusions pour les tubes lisses, en faisant remarquer que pour le diamètre de 50 mm, 3 m de tubes à ailettes valent 4 m de tubes lisses. pour une même utilisation; d'où il suit qu'en pratique, on peut admettre qu'à égalité de diamètre, les tubes lisses peuvent être remplacés par des tubes à ailettes n'ayant que les trois quarts de la longueur des premiers.

Au tableau n° 2 des essais faits aux chemins de fer P.-L.-M. on peut ajouter celui des résultats donnés par M. le docteur Aimé Witz, dans le journal *l'Éclairage électrique*, dans les numéros des 4 et 11 janvier 1902. Le tableau n° 3 fait bien ressortir la supériorité des chaudières à foyers intérieurs. Comme pour le tableau n° 2, il faudra, pour ce second tableau n° 3, consulter pour les détails des observations, les remarquables articles de M. Aimé Witz.

L'examen de ces deux tableaux n°s 2 et 3, fait bien voir que le prétendu économiseur Green n'économise, dans ce cas du moins, rien du tout, puisque le rendement de sa chaudière est inférieur de 3, 0/0 à celui d'une chaudière à foyer intérieur, qui produit trois fois plus de vapeur par heure et par mètre carré moyen, et de 1, 0/0 au rendement d'une chaudière multitubulaire, qui produit aussi trois fois plus de vapeur par mètre carré moyen et par heure.

Mais si on compare toutes ces chaudières à celle de la locomotive, on trouve que leur rendement thermique lui est inférieur de 5, à 10, 0/0, alors que celle-ci produit par mètre carré et par heure deux fois et même six à sept fois plus de vapeur.

Aussi il est permis de se demander comment, pour les grandes stations électriques, on peut en chaudières, en économiseurs-réchauffeurs et en surchauffeurs, immobiliser trois à quatre fois le capital indispensable ; alors qu'une installation très complète et très parfaite en chaudières intensives serait encore plus économique de 5, à 10, 0/0 en dépense de combustible, qu'avec toutes ces inutilités, qui rendent très onéreuse la production de la vapeur si on veut bien tenir compte de l'amortissement de l'intérêt et des frais d'entretien de tout un matériel aussi fâcheux qu'encombrant.

Le résultat pratique tiré des études faites par MM. Petiet, Henry et Baudry, comme de celles de M. Belpaire, a été d'augmenter

jusqu'à l'extrême limite la surface de grille des chaudières des locomotives, en la faisant passer de 1 m² à 3,10 m², alors que la surface de chauffe réelle *mouillée* n'a pu passer utilement que de 100 à 140 m² en général; donc la surface de grille a été plus que triplée, tandis que la surface de chauffe n'a été augmentée que de 40, 0/0. Cependant le rendement thermique, loin de diminuer, a gagné, au point de passer de 60, 0/0 à 76, 0/0, grâce aussi à la voûte en briques divisant la boîte à feu en deux compartiments; l'inférieur servant de grille gazogène et le supérieur de chambre de combustion, rendant celle-ci beaucoup plus parfaite.

Si en 1887 à 1890 les chaudières du type dit des locomotives, n'ont pas réussi à bord des torpilleurs, c'est parce qu'en modifiant sa boite à feu, pour installer ces chaudières, on a rendu la circulation de l'eau matériellement impossible, ainsi qu'il a été bien démontré dans une communication faite à la Société des Ingénieurs Civils de France, dans sa séance du 21 mars 1890 (1). Il est vraiment étonnant qu'à cette époque on ne se soit nullement préoccupé de la circulation de l'eau dans cesdites chaudières, ni de la combustion, qui était tellement mauvaise, que la fumée noire et épaisse qui s'en dégageait prenait feu, au point que le soir leurs cheminées devenaient de véritables feux flottants. Un inventeur avait même proposé un extincteur-condenseur, placé sur les cheminées, et dans lequel une pompe refoulerait un fort courant d'eau qui, pulvérisée, devait éteindre la flamme et condenser les vapeurs en lavant la fumée, de façon à ne rejeter à la mer que de l'eau tiède, en supprimant le panache de fumée ou de vapeur, qu'un lavage avec peu d'eau aurait pu produire. On voit donc, depuis cette époque, que de notre temps on peut considérer comme reculée, que les Ingénieurs des chemins de fer ont fait faire de grands progrès dans la construction des chaudières de leurs locomotives, puisqu'ils en ont triplé la puissance.

Pour les chaudières fixes d'ateliers, comme celles des figures 8 et 9 *(Pl. 63)*, ne pouvant compter sur les trépidations de la marche sur la voie ferrée, il faut donner aux murailles des boites à feu un plus grand écartement, avec des guide-eau ou cloisons de circulation, pour favoriser la rapidité des courants et suppléer à ce qu'on appelle la circulation chaotique, ce qui est chose très facile à réaliser dans une usine où on n'est pas tenu par un ga-

(1) Communication renfermant six figures explicatives.

barit réglementaire pour l'établissement d'un projet de chaudière tel que celui représenté figures 8 à 10 *(Pl. 63)*.

En résumé on peut dire :

1° Qu'en construction de générateurs à vapeur, on est loin et bien loin de la limite d'utilisation de la conductibilité du métal;

2° Que si, pour la production la plus intensive des chaudières des locomotives, on n'utilise seulement que la cinquante-cinquième partie de la conductibilité d'un serpentin, il importe peu que les tubes soient en cuivre rouge, en laiton, en fer ou en acier, vu que si la conductibilité du fer est quatre et cinq fois plus petite que celle du laiton, elle est encore $\frac{55}{5} = 11$ fois plus grande que la fraction de cette conductibilité qui peut être pratiquement utilisée par une chaudière à production des plus intensives. C'est ce qui fait que, sur des chaudières du même type de locomotives, on n'a pas pu constater la moindre différence en production de vapeur, entre les tubes en laiton et les tubes en fer ou en acier;

3° Que la combustion complète et fumivore avec 15 à 35 0/0 d'air en excès doit être réalisée, puisqu'un grand excès d'air ne diminue pas la production, soit l'utilisation thermique;

4° Que l'on ne saurait jamais trop favoriser la circulation la plus intensive de l'eau dans les chaudières, en évitant par tous les moyens possibles la formation des poches de vapeur, qui diminuent la production comme le rendement thermique, en exposant les tôles de coup de feu à une destruction rapide avec danger d'explosion.

DESCRIPTION ET CRITIQUE SUR LES PRINCIPAUX TYPES DE CHAUDIÈRES A VAPEUR

§ 6. — **Répartition de la production de la vapeur dans les chaudières.**

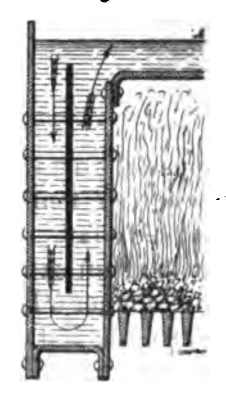
Il y a cinquante à soixante ans, Graham, physicien anglais, a déterminé expérimentalement la valeur de la production de la vapeur par unité de surface de chauffe, en partant du foyer d'une chaudière jusqu'à son extrémité, là où la fumée quitte ladite chaudière pour se rendre dans le carneau qui la conduit à la cheminée : c'est ce que les diagrammes *(fig. 1 et 2, Pl. 63)*

font voir pour le type des chaudières à bouilleurs et tous ses dérivés à foyer extérieur.

Plus tard Petiet et Nozo, anciens Présidents de la Société des Ingénieurs Civils, ont reproduit, sur une plus large échelle, les expériences de Graham, sur une chaudière de locomotive divisée en cinq compartiments : les résultats obtenus par nos anciens Présidents sont donnés par les figures 3, 4 et 5 de la même planche. Comme on le voit sur ces figures, 1 m^2 de surface vers la sortie de fumée ne produit guère plus que la trentième partie de la même surface, soit de 1 m^2 dans le voisinage du foyer.

Les tableaux nos 2 et 3 résumant les travaux de MM. Henry et Baudry, d'une part, comme ceux de M. Aimé Witz d'autre part, affirment, en contrôlant les précédents, que les productions les plus intensives sont les plus économiques.

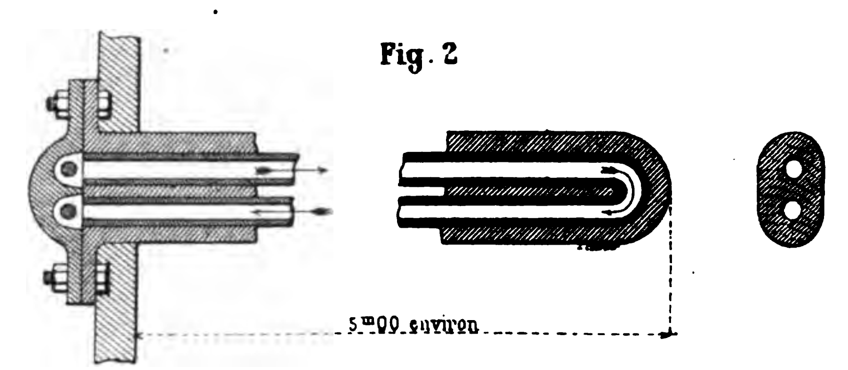




Avant de passer à la description des principaux types de chaudières aujourd'hui en usage, je crois devoir dire deux mots des chaudières à boites à feu cloisonnées par des guide-eau (*fig. 1* ci-contre), dont les premiers brevets remontent à 1861, à ma connaissance, sans pouvoir assurer qu'il n'y en a pas de beaucoup plus anciens. Comme on le voit, l'écartement intérieur des murailles de boîte à feu est doublé : au lieu de 80 à 100 mm maximum pour les locomotives, cet écartement est porté à 200 mm, qui est séparé par une cloison en tôle de 2 mm seulement, maintenue par les entretoises; d'où suit que chaque compartiment a un écartement de $\frac{(200\text{ mm} - 2\text{ mm})}{2} = 99\text{ mm}$, comme les flèches l'indiquent, les courants ascendant et descendant ne peuvent nullement se gêner mutuellement et, comme on le voit, au moyen de cet artifice on remplace la circulation chaotique des locomotives; car il ne faut pas oublier que les résultats donnés par MM. Henry et Baudry ont été obtenus avec une chaudière de locomotive fonctionnant comme une chaudière fixe d'usine, en produisant encore 51 kg de vapeur par heure et par mètre carré moyen de surface de chauffe; donc il est très facile d'augmenter encore considérablement la circulation comme la production des chaudières du type de celle des figures 8 et 9 (*Pl. 68*).

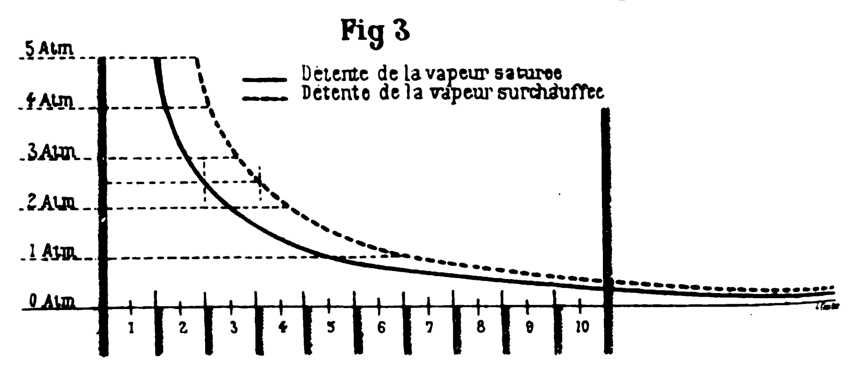
§ 7. — Vapeur surchauffée.

En 1855, Marc Séguin a fait des essais sur la vapeur surchauffée et le surchauffeur Séguin a été construit chez MM. Farcot, à Saint-Ouen : il avait la forme d'U très allongé, noyé dans une enveloppe en fonte (*fig. 2*) très épaisse : les tubes avaient environ 80 mm de diamètre. On pouvait très fortement chauffer



cet appareil sans crainte de brûler les tubes en fer, vu l'épaisse protection de fonte qui avait été coulée dessus et qui faisait corps avec eux.

En chauffant extérieurement la fonte à 650 degrés environ, on pouvait donner à la vapeur une température de 350 degrés environ, soit de 200 degrés au-dessus de la température de la va-



peur saturée à 5 atm ou 4 kg ; le volume de la vapeur était donc augmenté de 0,727 ; donc, sous cette pression, 1 kg de vapeur passait du volume de 385 l à 385 l $\times$ 1,727 $=$ 665 l (0,665 m^3) en moyenne. En admettant une introduction au dizième, on devait avoir des diagrammes tels que ceux-ci (*fig. 3*) :

Le pointillé indique l'accroissement de travail que l'on devait obtenir et qui fut bien réalisé; la vapeur, au moment où l'échappement se produisait était encore surchauffée légèrement de quelque 2 à 3 degrés : le cylindre et ses fonds étant à cicula-tion de vapeur (à enveloppe). Une augmentation de travail fut constatée à l'origine, proportionnelle au diagramme pointillé, donc très notable; mais au bout de huit jours, la machine Farcot de 1855 fut mise hors service; quant au surchauffeur, il semblait n'avoir nullement souffert.

Si, aujourd'hui, des machines du type Sulzer marchent bien à la vapeur surchauffée à la façon des moteurs à gaz à distribution à soupapes et à très longs pistons, c'est parce que ces machines, étant à distribution à clapets, peuvent fonctionner à température très élevée, graissées à la graisse minérale, supportant celle de 350 degrés sans se décomposer, et c'est pourquoi j'ai voulu rappeler ici la mémoire de l'illustre Marc Séguin qu'on ne doit pas oublier.

Maintenant on est en droit de se demander si la vapeur surchauffée peut rendre d'aussi grands services sous les pressions de 15 à 16 kg que sous celles de 4 à 5 kg de 1855, car, sous les grandes pressions couramment employées aujourd'hui, la température de la vapeur saturée est de 200 à 205 degrés. Comme sous ces hautes pressions il est difficile de dépasser en surchauffe 300 degrés, l'accroissement de volume n'est plus que de 0,363, soit moitié, de ce qu'il est dans le premier cas.

Donc il y a lieu d'examiner ce qu'en pratique, aujourd'hui, la surchauffe combinée avec les très hautes pressions donne en réalité. Dans un mémoire qui se trouve au Bulletin de juin 1898 de la Société des Ingénieurs Civils de France, sur la production et l'emploi de la vapeur, j'ai donné un grand nombre de tableaux et au paragraphe 5 le tableau 2 pour les machines à vapeur surchauffée de 44 à 100 degrés au-dessus du point de saturation, à simple, à double, à triple et à quadruple expansion, donne des dépenses de 3 570 à 6 291 calories par cheval indiqué et par heure.

Au paragraphe 9, le tableau 5 comparant divers types de machines à vapeur saturée, surchauffée, à simple et à plusieurs expansions indique, parmi les machines classées les premières dans les quatre tableaux précédents, les dépenses de 3 300 à 3 588 calories par cheval indiqué et par heure. Mais la première de ce tableau est une triplexe de 520 ch indiqués, qui n'a pas le surchauffeur classique chauffé par les gaz brûlés entre 600 et 700

degrés de sa chaudière, ou par un foyer spécial, ne dépense que 3300 calories ; car dans cette triplexe, les trois cylindres sont à enveloppe de circulation de vapeur avec le retour aux chaudières de l'eau de condensation desdites enveloppes et sans déperdition ; de plus, entre le petit cylindre et le moyen cylindre, se trouve interposé un réchauffeur vaporisateur tubulaire ressemblant à un condenseur par surface de marine, à tubes de 18 mm de diamètre et de 2 m de long, la pression de la vapeur étant de 9 kg en moyenne, sa température est de 180 degrés.

Comme ce réchauffeur vaporisateur fait fonction de régulateur (Receiver), sous pressions variables (moyennes de 4,500 kg), la température de la vapeur qui traverse les tubes intérieurement est donc aussi en moyenne à 155 degrés : celle de la chaudière étant 180 degrés, la différence de température est donc de 180 — 155 = 25 degrés ; si, comme nous l'avons vu au paragraphe 2, d'après M. Sekutowicz, la conductibilité de ce genre d'appareils est de 2 080 calories par mètre carré et par heure pour une différence de 1 degré ; elle est donc ici de 2080 calories × 25 degrés = 52 000 calories, donc capable de vaporiser $\frac{52\,000 \text{ cal.}}{500 \text{ cal.}} = 104$ kg d'eau à la température de 155 degrés par mètre carré et par heure.

Entre le moyen cylindre et le grand cylindre à basse pression se trouve encore interposé un réchauffeur vaporisateur semblable au premier, donc recevant aussi la vapeur à 185 degrés ; mais comme la pression moyenne de la vapeur se rendant du moyen cylindre au grand cylindre à basse pression est de 1,250 kg ou 2,25 atm environ, sa température moyenne est à 124 degrés, et la différence de température entre les deux vapeurs est de 180 — 124 = 56 degrés, qui donc pourrait vaporiser par heure et par mètre carré $\frac{2\,080 \text{ cal.} \times 56 \text{ degrés}}{515 \text{ cal.}} = 226$ kg.

Comme ces réchauffeurs vaporisateurs ont chacun 30 m² de surface utile environ, ils pourraient donc vaporiser :

$$\left.\begin{array}{ll} a) & 106 \text{ kg} \times 30 \text{ m}^2 = 3\,180 \text{ kg} \\ b) & 226 \text{ kg} \times 30 \text{ m}^2 = 6\,780 \text{ kg} \end{array}\right\} = 9\,960 \text{ kg}$$

de vapeur par heure, soit pour 520 ch indiqués $\frac{9\,960 \text{ kg}}{520 \text{ ch}} = 19$ kg donc plus de trois fois la consommation réelle par cheval et par heure.

Ces réchauffeurs, qui peuvent au plus recevoir 35, 0/0 d'eau

vésiculaire de condensation à vaporiser, sont donc $\frac{19 \text{ kg}}{0,35} = 54$ fois plus forts qu'il ne le faudrait pour n'agir que comme vaporisateurs et donc ils sont en même temps de véritables surchauffeurs à vapeur, agissant comme calorifères à vapeur.

MM. Carels frères, de Gand, font encarter dans les journaux industriels, une circulaire très intéressante donnant les résultats économiques auxquels ils sont arrivés avec leurs machines types Sulzer, tandem et compound à vapeur saturée et surchauffée, où, grâce à la surchauffe, ils ont obtenu une économie qui peut s'estimer ainsi en prenant dans leur tableau pour quinze machines différentes les deux machines à vapeur saturée et à vapeur surchauffée qui se rapprochent le plus l'une de l'autre :

Tableau n° 4.

NUMÉROS	Puissance en chevaux indiqués	VAPEUR SATURÉE 252	VAPEUR SURCHAUFFÉE 250
1	Pression de la vapeur . . . . kg	4,55	8,00
2	Température saturée . . . . degrés	156	174
3	Température surchauffée à l'entrée du cylindre. . . . . degrés	»	340
4	Valeur ou degré de surchauffe à l'entrée dans le cylindre.	»	166
5	Dépense de vapeur par heure et par cheval indiqué . . . . kg	5,770	4,460
6	Calories par cheval indiqué et par heure, l'eau prise à + 1 degré	3 767	2 939
7	Calorique de surchauffe . . . . . calories	»	377
8	Calories totales par cheval indiqué et par heure	3 767	3 316
9	Économie due à la surchauffe	»	12 0/0

Or, dans le tableau de MM. Carels, la dépense de 4,460 kg est donnée comme la plus réduite. Aussi est-il permis de se demander si l'économie de 12, 0/0 ci-dessus spécifiée, n'est pas beaucoup plus théorique que pratique et si la température de 340 degrés au cylindre, soit au moins de 370 degrés dans le surchauffeur, est une température à laquelle le fer, l'acier et la fonte puissent résister longtemps, quand on sait que les anciens

appareils à vent chaud des hauts fourneaux étaient rapidement mis hors service aux températures supérieures à 350 degrés communiqués au vent.

Maintenant, si nous comparons la dépense la plus réduite, des machines Carels à vapeur surchauffée, nous voyons qu'elle est encore supérieure de :

$$3316 - 3300 = 16 \text{ cal.}$$

par cheval indiqué et par heure, à celle de la machine de 520 ch indiqués, à réchauffeur par circulation de vapeur avec rétrogradation sans déperdition de l'eau condensée aux chaudières; donc la perte des machines Carels à vapeur surchauffée sur celles des machines à réchauffeurs à vapeur peut être considérée comme nulle.

Ce qui prouve encore une fois, comme je l'ai toujours assuré depuis quarante ans, qu'une bonne circulation et un bon réchauffage, à la vapeur, sont à préférer à la surchauffe comme à une foule d'inutiles complications, dont on semble à plaisir orner, aujourd'hui, les machines à vapeur, ainsi que leurs chaudières.

Dans leur tableau, MM. Carels ont bien une machine de 328,8 ch indiqués, à vapeur surchauffée à 347 degrés, qui ne dépense que 4,400 kg de vapeur par heure et par cheval indiqué, et non 4,460 kg ; mais la différence de 60 g par cheval ne saurait que peu modifier le chiffre de 12, 0/0.

Dans leur tableau comparatif MM. Carels frères donnent les résultats qu'ils ont obtenus avec quatorze machines à condensation, type Sulzer tandem et compound, dont sept à vapeur saturée et sept à vapeur surchauffée. La moyenne des sept machines à vapeur saturée est d'une force de 620 ch et celle des sept machines à vapeur surchauffée est de 346 ch; mais ici, comme on ne compte les puissances qu'en chevaux indiqués, les dépenses comparatives sont exactes, puisque nous n'avons pas à y introduire de coefficient d'effet utile ou de rendement organique.

Le tableau n° 5 donne, sommairement, le résumé comparatif de ces quatorze machines.

En prenant ces deux moyennes pour quatorze machines semblables, on voit que la pression moyenne des machines à vapeur surchauffée est plus élevée de 2,10 kg ou de 2,05 atm que celle à vapeur saturée. Or une augmentation de pression de 2 kg sur 8,05 kg ou de 2 atm sur 9,25 atm pour une même machine à con-

Tableau n° 5.

	VAPEUR	
	SATURÉE	SURCHAUFFÉE
1° Puissance moyenne des sept machines	620 ch	346 ch
2° Pression moyenne des sept machines	7,20 atm = 6,40 kg	8,50 kg = 9,25 atm
3° Dépense moyenne de vapeur par cheval indiqué	5,691 kg	4,933 kg 1/4
4° Température de la vapeur surchauffée	. . . .	327 degrés
5° Degré de la surchauffe 327 degrés — 177 degrés =	. . . .	150 degrés
6° Calorique par heure et par cheval indiqué 5,691 kg × 655 cal =	3 727 cal	
6° *bis* Calorique par heure et par cheval indiqué pour la vapeur surchauffée :		
a 4,933 kg × 660 cal = (en vaporisation)	. . . .	3 256 cal
b 4,933 kg × 0,51 × 150 degrés = (en surchauffe)	. . . .	377 cal
7° Calorique total par cheval indiqué et par heure	3 727 cal	3 633 cal
8° Économie apparente en faveur de la vapeur surchauffée en poids de vapeur consommée par cheval	. . . .	13, à 14, 0/0
9° Économie apparente en calories par heure et par cheval indiqué	. . . .	5,1/2 0/0

N.-B. — Dans les deux cas l'eau d'alimentation est supposée prise à + 1 degré.

densation, marchant à la même vitesse, faisant le même travail, à deux cylindres tandem ou compound, réduit l'admission de 1/14 à 1/20 de la course du piston, pour une pression à fin de course de (0,500 kg) soit d'une demi-atmosphère, lorsque l'échappement au condenseur se produit.

Or l'augmentation de pression de 2 atm sur 9, dans ces deux conditions, donne une économie théorique de 8, 0/0 en poids de vapeur qui, dans la pratique, peut se réduire à 5 ou 6, 0/0, comme nous venons de le voir ci-dessus, et donc la surchauffe n'est pour rien dans cette économie.

Dans un long mémoire à la Société des Ingénieurs civils de Londres *(Institution of Civils Engineers)* en 1897, M. Dugald Drammond, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer *London and South-Western Railway* (voyez le paragraphe 19 de mon mémoire au *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France* de juin 1898), dit que pour des locomotives à deux cylindres (à effet monocylindrique) rigoureusement semblables, l'augmentation de pression de 9,830 kg à 11,240 kg, soit de 11,240 kg — 9,830 kg = 1,410 kg, donne une économie de 11, 0/0 et l'augmentation ou accroissement de pression de 4,220 kg celle de 31, 0/0 pour un même travail utile.

§ 8. — Surchauffe des enveloppes par vapeur saturée.

On peut lire, dans la *Revue Industrielle* du 3 novembre 1887, que M. Guzzi, Ingénieur à Milan (Italie) a fait des essais et observations sur une machine à vapeur à enveloppe de circulation de vapeur autour du cylindre et dans ses fonds, dont le tableau n° 6 donne le résumé.

Je donne ce renseignement pour ce qu'il peut valoir; mais ce que je puis affirmer et qui se trouve au paragraphe 32 de mon mémoire de juin 1898, sur la production et l'emploi de la vapeur, c'est qu'une circulation intensive avec 13, 0/0 de vapeur en excès passant dans les enveloppes avec l'eau de condensation rétrogradée par une espèce de Giffard *(que l'on trouve Pl. 6 dans mon ouvrage sur les combustibles, etc. de 1878)*, aux chaudières et sans déperdition de calorique, nous a donné une économie de 8,2/30/0, et cependant il n'y avait aucune différence de température entre la vapeur dans les enveloppes et dans les boîtes à soupapes d'introduction (les deux machines observées étaient des Sulzer pour

pompes élévatoires à trente tours à grande détente au seizième et au quinzième d'introduction et donc à condensation), ce qui autorise à croire que si la vapeur de circulation eût été de 20 à 25 degrés au-dessus de celle de travail, l'économie de 15 à 17, 0/0 aurait été obtenue probablement.

Tableau n° 6.

DÉSIGNATION	AVEC CIRCULATION ordinaire	AVEC CIRCULATION surchauffante
Force de la machine . . . . ch effectifs	25	26
Pression de la vapeur à son introduction dans le cylindre. . . . . kg	3,850	3,820
Température de la vapeur dans la boîte de distribution . . . . degrés	150	149
Pression de la vapeur de circulation autour du cylindre. . . . . kg	»	14,000
Température de circulation . . . . . degrés	»	199
Différence de température entre les vapeurs de travail et de circulation. . . . . . degrés	»	50
Dépense de vapeur par heure et par cheval effectif . . . . kg	10,670	8,880
Économie due à la circulation surchauffante : 17, 0/0.		

Pour les puissantes machines à vapeur de la force de 1 000 ch et au-dessus, on a pu craindre, pour un temps, les fentes, fêlures et autres accidents des plus graves pour les enveloppes, et préférer les surchauffeurs, avec tous leurs inconvénients, aux enveloppes : mais cette crainte n'existe plus aujourd'hui puisque les enveloppes pour la Marine se font en acier moulé, fondu et recuit à 10 et 15, 0/0 d'allongement, sans la moindre difficulté, et je ne vois plus aucune raison pour faire préférer les surchauffeurs aux enveloppes en acier recuit et aux réchauffeurs vaporisateurs et surchauffeurs à vapeur, pour les machines à double et à triple expansion ; puisque ces appareils sont plus simples, plus sûrs, sans usure et cause de détérioration, en même temps que plus économiques en consommation de combustible, d'huile, de graisse et frais d'entretien que les surchauffeurs.

L'illusion produite par les grandes économies apparentes,

dues à la surchauffe, ne repose que sur la vaporisation du brouillard de crachement des chaudières; car certaines crachent au moins 5, 10, 15 et souvent 20, 0/0 de leur production, c'est-à-dire que dans 8 kg de vapeur réelle se trouve 2 kg de brouillard (eau vésiculaire) soit un cinquième. Si donc, sous la pression de 8 kg, 1 kg de vapeur occupe 225 l (soit le volume d'une barrique de Bordeaux) et si dans ces 225 l se trouve pulvérisé un cinquième de kilogramme d'eau, soit 200 g ou cm³; à l'observation superficielle on trouvera que l'on a de la vapeur sèche et même très sèche; car que peuvent être 200 cm³ d'eau pulvérisée dans une barrique 2,25 hl? Rien, car c'est moins que la valeur d'un verre de table.

Si, par l'artifice d'un surchauffeur, on vaporise ces 5, 10, 15 ou 20, 0/0 d'eau chaude, on augmentera d'autant la production de vapeur; ce qui fera croire à des économies de 5, 10, 15 et 20, 0/0, alors que l'action principale du surchauffeur n'aura été que celle d'un vaporisateur de brouillard, dont se passent bien les chaudières qui ont de bonnes prises de vapeur. Aussi voit-on qu'entre quatorze machines en moyenne de 346 et 620 ch, d'un atelier de construction de premier ordre, comme celui de MM. Carels frères, l'économie apparente, due à la surchauffe, ne serait que de 5, 0/0 alors que la vaporisation du brouillard, dans le cas de la machine à vapeur surchauffée, et une augmentation de pression de 8,500 kg — 6,400 kg = 2,100 kg, suffisent parfaitement bien pour expliquer l'augmentation de travail de 5, 0/0, qui ici est appelée une économie.

RENSEIGNEMENTS PRATIQUES SUR LES ESSAIS FAITS POUR DÉTERMINER LES LOIS QUI RÉGISSENT LA PRODUCTION DE LA VAPEUR, DANS LES CHAUDIÈRES INDUSTRIELLES.

§ 9. — Étude sur la vaporisation relative.

Vers 1850, J. Graham a divisé des chaudières en trois et en quatre compartiments séparés, d'égales surfaces de chauffe (*Pl. 63*): les figures 1 et 2 font voir que la surface exposée au coup de feu produit 6 à 12 fois plus de vapeur que celle exposée aux fumées s'échappant à la cheminée. Plus tard, Petiet et Nozo ont divisé une chaudière de locomotive en cinq compartiments et ont

fait voir que la surface voisine du foyer produit 10 et 27 fois plus que la même en étendue léchée par les fumées s'échappant à la cheminée et les mêmes observations ont fait voir que le tirage forcé permet d'augmenter de 40, 0/0 la production de la même chaudière *(fig. 3, 4* et *5)*. Les diagrammes de Petiet et Nozo font ressortir l'avantage que donne le tirage forcé, qui permet d'augmenter de 40, 0/0 la production d'une chaudière, en ne diminuant que de 5,6 — 2,5 = 3,1 0/0 son rendement thermique; de sorte que l'augmentation réelle de puissance facultative est de 37, 0/0.

Ces diagrammes font comprendre combien est grande l'erreur de ceux qui croient qu'il faut prolongor à l'infini le parcours des fumées, avant de les lâcher, à regret, à la cheminée.

Au paragraphe 5 se trouvent les tableaux résumés des études faites par MM. Henry et Baudry sur la vaporisation, ainsi que celles de M. le docteur Aimé Witz, qui justifient bien les observations de Graham, Petiet et Nozo, démontrant l'inutilité des surfaces dormantes exagérées qui ne sauraient, au prix de très grandes dépenses, suppléer à la circulation et à la production intensive dans les chaudières.

§ 10. — Chaudière de forge.

Les figures 6 et 7 *(Pl. 63)* font voir une chaudière de forge placée sur un four à réchauffer ayant donné d'excellents résultats. Ce four à réchauffer était à foyer gazogène et donnait une économie de 20, 0/0: la chaudière, malgré cette diminution de consommation de combustible, donnait une augmentation de 15, 0/0 en production de vapeur, comparée à celle de fours semblables mais à chaudières bouilleurs, faisant les mêmes réchauffages, soit un travail identique. On remarque, dans cette chaudière, un déjecteur *a* qui retient les sels incrustants, *mais qui ne donne de bons résultats que s'il est à double paroi*, laissant un vide (ou matelas d'air) de 25 à 35 mm, pour s'opposer à la conductibilité de la tôle; sans quoi, la transmission de la chaleur donne lieu à une très légère vaporisation qui, par son mouvement, s'oppose aux dépôts vaseux qui sont expulsés tous les jours par une purge ou extraction d'un hectolitre d'eau chaude sous pression, au moyen d'un robinet *c* de vidange.

Les fours à réchauffer, pour ne pas brûler le fer ou l'acier, marchant avec un grand excès de gaz combustibles (réducteurs) et donnant lieu à un échappement de fumée noire des plus

incommodes. En injectant 10 à 15 0/0 d'air, en volume, dans les flammes perdues sortant du four en *b*, on brûle l'excès de gaz combustibles avec une fumivorité parfaite, qui donne l'augmentation de production de vapeur que je viens de signaler.

§ 11. — Chaudière Ten Brinck.

Les figures 8 et 9 *(Pl. 63)* représentent la chaudière des ateliers de Périgueux de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans. Cette chaudière est remarquable par sa grande élasticité de production et par sa très puissante vaporisation. A Jœuf et à Hayange, elle a obtenue un succès justement mérité. Ce qui a été dit au paragraphe 5 sur la chaudière des essais de la Compagnie P.-L.-M., lui est applicable pour une production moyenne de 35 kg de vapeur par mètre carré.

La figure 10 fait voir la même chaudière surmontée d'un corps cylindrique de grande capacité, servant de régulateur-accumulateur, pour les prises de vapeur instantanées dépassant considérablement la production normale au moment considéré.

La figure 11 donne le détail d'une installation de la chaudière du type de Périgueux, où, à 5 m de hauteur, on a placé un sécheur de vapeur *a*, avec retour d'eau chaude à la chaudière, pour les prises de vapeur instantanées ; un tuyau *b* de retour rétrograde l'eau chaude à la chaudière, et un autre tuyau *c* conduit la vapeur aux pilons ou aux machines à mouvement réversible.

La figure 12 fait voir les détails de construction du sécheur à chocs de la vapeur, indiqué en *a (fig. 11)*; mais *(fig. 12)* en *d* se trouve l'introduction de vapeur, en *e* sa sortie, après qu'elle a été séchée, et en *f*, l'écoulement de l'eau chaude rétrogradée sous pression à la chaudière.

§ 12. — Chaudière cylindrique tubulaire.

Les figures 13, 14, 15 et 16 *(Pl. 63)*, avec leurs détails, donnent un ensemble de chaudière tubulaire à déjecteur et sécheur de vapeur, que son auteur, en 1863, croyait devoir être un surchauffeur. Comme on le voit sur la figure 14, les courants tumultueux d'eau et de vapeur sont guidés et deux cloisons s'opposent à ce que l'agitation puisse se propager dans le compartiment du milieu, qui est surmonté d'un grand dôme de prise de vapeur; donc la vapeur qui s'échappe de ce dôme doit être aussi sèche

que possible : les flèches indiquent bien le mouvement de l'eau et de la vapeur d'une part, comme de l'air, des flammes, et de la fumée, d'autre part. Sur les figures 14 et 15, à droite de la cheminée, on voit le sécheur, qui a 5 lames-cloisons, forçant les courants de vapeur à se briser sur les tubes surchauffeurs ou mieux vaporisateurs; le contact globulaire est donc parfait et ce sécheur, ayant 28, 0/0 de la surface totale de l'appareil ou 40, 0/0 de celle de la chaudière vaporisatrice, doit donc bien sécher la vapeur à 9 atm et à 175 degrés en recevant des gaz brûlés (fumées) à 400 degrés qui s'en échappent à 300 degrés environ.

Dans la pratique, il a été reconnu que la vapeur n'était surchauffée que de 5 degrés en moyenne, donc n'avait que 180 degrés, lorsque la vapeur dans le dôme de prise n'avait que 175 degrés; pratiquement on pouvait considérer cette surchauffe comme nulle. Mais comme la chaudière avait deux prises de vapeur, l'une saturée sur le dôme et l'autre surchauffée (ou mieux séchée) par le sécheur tubulaire, on pouvait faire marcher facultativement la machine de la force de 55 à 60 ch, tantôt une semaine entière à la vapeur saturée et tantôt une autre semaine à la vapeur séchée à + 5 degrés au-dessus de la température de saturation, ou surchauffée de 5 degrés. On a pu des journées entières, le dimanche, faire des essais au frein aux deux vapeurs : l'économie trouvée en faveur de la vapeur sèche n'a été que de 5, 0/0. Comme dans l'enveloppe de la machine, la vapeur, surchauffée à 5 degrés, tombait à saturation, nous en avons conclu que, malgré les bonnes dispositions du dôme de prise de vapeur, le sécheur vaporisait 5, 0/0 d'eau de crachement, qui augmentait de 5, 0/0 le volume de vapeur utile que recevait la machine (1).

Au repos, la vapeur de l'enveloppe de la machine sortait sèche ou quelque peu surchauffée, mais en marche la purge de l'enveloppe donnait toujours de l'eau : donc la vapeur ne pouvait agir dans le cylindre que comme de la vapeur saturée.

Comme ce sécheur *(fig. 14 et 15)* était à échauffement graduel et méthodique, on a bien ici la démonstration que, pour surchauffer la vapeur, la température de la fumée à 400 degrés est insuffisante et que pour porter la vapeur à 327 et 350 degrés, il faut que les flammes ou fumées arrivent au surchauffeur à des

(1) Ce que nous avons déjà constaté à la fin du paragraphe 7, pour une surchauffe de 150 degrés et non pas de 5 degrés, donc là, il faut tenir encore compte, de la vaporisation du brouillard de crachement.

températures supérieures à 700 degrés, ce qui ne donne qu'une différence moyenne de 600 — 350 = 250 degrés, réclamant une surface de chauffe de surchauffeur plus grande que celle du vaporisateur, chose qui me semble peu pratique, après ce que nous avons constaté au § 7. Sur les figures 14 et 15, on voit un robinet d'épreuve R, qui se trouve placé sous la cloison divisant le sécheur surchauffeur en deux compartiments égaux; donc la vapeur qui arrive à ce robinet a déjà reçu l'action du séchage de la moitié de l'appareil; malgré çà, ce robinet donne toujours à l'épreuve un mélange d'eau chaude et de vapeur, preuve de l'insuffisance de température, même pour de la vapeur que l'on peut considérer comme sèche.

§ 13. — Chaudière multitubulaire d'atelier.

Les figures 17, 18 et 19 (*Pl. 64*) font voir une chaudière multitubulaire, de l'auteur 1875, (dite à tubes d'eau) caractérisée par sa grande et intensive circulation d'eau, son sécheur de vapeur placé dans le dôme de prise est en tout semblable à celui représenté figure 12. Comme les flèches des courants d'eau l'indiquent, le mélange d'eau et de vapeur se dégage par-dessus le niveau d'eau de la chaudière et ce niveau n'est nullement agité entre le repos absolu et la marche donnant 25 kg de vapeur par heure et par mètre carré moyen : en marche, il monte de 5 mm pour redescendre de 5 mm à l'arrêt : mais en poussant la vaporisation à 50 kg le niveau monte de 40 mm pour y rester immobile, tant que la vaporisation reste aussi active; dès que celle-ci diminue, le niveau baisse plus ou moins, sans la moindre agitation.

Comme dans une première chaudière on a trouvé, à la sortie de la fumée, une température de 400 degrés, on a pensé à doter cette chaudière d'un réchauffeur d'eau d'alimentation, comme l'indique la rangée de tubes transversaux qui surmonte les tubes vaporisateurs.

La figure 20 fait voir les buses d'insufflation d'air secondaire, sous pression de 5 à 6 m de colonne d'eau par cadre métallique qui n'est pas représenté ici; sans quoi les buses (*fig. 20*), ne résisteraient pas à la pression. Celle-ci est nécessaire pour produire l'agitation ou le brassage des veines gazeuses (gaz combustibles, fumée et air) qui, par leur mélange intime, donnent la combustion complète, avant que les flammes entrent entre les tubes qui produisent l'extinction. Or, pour produire une agitation au

centre d'une grille de 4 à 5 m², il faut une grande pression de vent réclamant un ventilateur Root spécial, et comme nous l'avons vu au § 1er, on peut ainsi envoyer au-dessus de la grille 25, 0/0 d'air en excès sans le moindre inconvénient.

§ 14. — Chaudière multitubulaire de marine.

Les figures 21, 22, 23 et 24 *(Pl. 64)* donnent l'ensemble d'une chaudière marine, également de l'auteur 1894, basée sur le même principe que la précédente, mais qui a des chicanes croisées et chevauchées pour forcer les gaz chauds à circuler autour des tubes : l'expérience a démontré que les chicanes en terre réfractaire se brisent, se cassent et tombent dans le foyer et que les chicanes en métal se brûlent et sont de très courte durée. Le mieux pour utiliser les chaleurs perdues et faire tomber les fumées de 400 à 250 degrés est de surmonter de deux ou de trois rangs de tubes réchauffeurs d'eau d'alimentation, les tubes vaporisateurs. Pour une production de 20 kg à l'heure par mètre carré et par heure, un rang est suffisant; pour 40 kg, il en faut deux et, pour 60 kg, il en faut trois.

Ici la pression du vent (air secondaire) doit être portée à 1 kg, ou 10 m, colonne d'eau.

Les figures 25, 26 et 27 font voir les dispositions des barillets donnant le maximum de circulation intensive et donc de production. Ici le dôme de prise de vapeur a un sécheur spécial représenté par la figure 28, lequel est basé sur le même principe des chocs, que nous avons fait connaître au sujet des figures 11, 12, 17 et 18.

§ 15. — Chaudière Hornsby.

La figure 29 *(Pl. 64)* donne une chaudière Hornsby disposée pour une circulation des plus intensives. Cette chaudière se fait remarquer par la très forte inclinaison de ses tubes vaporisateurs; on peut lui reprocher d'être quelque peu encombrante et d'avoir des tuyaux de communication des vaporisateurs au corps cylindrique horizontal et central, de diamètre insuffisant pour la production intensive recherchée par ses auteurs. Il est vrai que souvent quand les diamètres sont insuffisants, il se fait dans les tubes d'un même groupe des inversions qui, aux allures modérées, sauvent les vaporisateurs qui manquent de section de circulation.

§ 16. — Chaudière Perkins Field.

Les figures 31, 32, 33 et 34 *(Pl. 64)* donnent une chaudière Perkins, plus connue sous le nom de chaudière Field, modifiée par l'auteur 1873; mais ici la boite à feu métallique a été supprimée et le corps cylindrique vertical a été divisé en trois tronçons assemblés à boulons et donc démontable. De plus un récupérateur tubulaire en fonte chauffe 20, à 25, 0/0 de l'air nécessaire à la combustion à 200 degrés environ, afin d'augmenter la température par une bonne combustion et, par là, créer une différence de température plus grande entre les gaz brûlés et l'eau à vaporiser. L'économie due à cette récupération ne peut dépasser 3, à 4, 0/0, mais celle qu'elle donne par une combustion plus complète et une meilleure vaporisation peut atteindre 10, à 15, 0/0, suivant la nature des combustibles brûlés.

Dans les chaudières Field ordinaires, la vaporisation est limitée par deux causes : 1° le tube central guide-eau (de courant descendant) a un diamètre insuffisant, sa section d'écoulement d'eau d'alimentation pour le tube vaporisateur n'est souvent que de 1/4, de 1/5 ou 1/6 de la section annulaire du courant ascendant d'eau et de vapeur; de sorte que si les tubes sont trop longs, ils se courbent, se déforment et se brûlent; 2° l'entonnoir qui surmonte le tube central guide-courant descendant est trop petit et trop près de la tranche de sortie du tube vaporisateur, de sorte que la poussée ascendante retarde d'autant plus le courant descendant, que la vaporisation est plus intensive.

Pour faire disparaître ces défauts, on a ici disposé un entonnoir commun à tous les tubes guide-courant d'alimentation, et cet entonnoir est d'autant plus en charge, que la vaporisation est plus active; en outre, ledit entonnoir est disposé pour faire déjecteur, comme l'appareil des figures 6 et 7 *(Pl. 63)* (1).

La figure 34 fait voir la disposition adoptée pour mettre en charge les tubes guide-eau et leur donner une section égale à la section annulaire, seul moyen d'assurer l'alimentation intensive avec la grande production correspondante qui en résulte.

(1) On trouve cette disposition dans la nouvelle chaudière de M. Turgan.

§ 17. — Chaudière Collet.

Vers 1873, feu M. Collet, membre de la Société des Ingénieurs Civils de France, a créé un type de chaudière multitubulaire Parkins-Field, à tubes inclinés fixés sur des barillets collecteurs divisant les courants ascendants et descendants d'alimentation. Le système Collet a été, depuis sa mort, perfectionné par ses successeurs, MM. Niclausse et C[ie], non en principe, mais pour ses détails du montage des tubes et de leur remplacement. Cette chaudière a des tubes courts qui ne dépassent jamais la la longueur de 2,500 à 2,750 m, qui ont l'avantage d'être à libre dilatation. La longueur de 2 m peut être considérée comme très bonne pour des tubes vaporisateurs de 0,080 à 0,100 m de diamètre : ce que nous avons dit sur le rapport des diamètres des tubes vaporisateurs et guide-eau du système Perkins-Field, s'applique aux chaudières Collet-Niclausse : aussi leur circulation d'eau limite-t-elle leur production maxima à 17 kg environ par heure et par mètre carré moyen de surface de chauffe (voyez au tableau 3, § 5, la production de la chaudière Niclausse, 16,600 kg), ce qui est bien loin de la production des chaudières Normand et des locomotives, voyez aux §§ 2 et 4.

§ 18. — Chaudière Babcock et Wilcox.

Cette chaudière *(fig. 35, Pl. 64)* est dérivée du type créé il y a quelque trente ans par Mac-Nicol, dont on trouve aujourd'hui dans l'industrie plus de cinquante variantes, qui se font généralement remarquer par une longueur exagérée de tubes vaporisateurs, dans le but de donner le mètre carré à aussi bas prix que possible. Généralement, MM. Babcock et Wilcox n'ajoutent pas de dôme de prise de vapeur à leurs chaudières, ce qui en augmente beaucoup la production apparente comptée sur le volume d'eau d'alimentation ; mais depuis quelque temps, ces constructeurs logent un surchauffeur, ou mieux, sécheur de vapeur, entre leurs tubes vaporisateurs et leur corps cylindrique : ce sécheur est donc très heureusement placé et un grand nombre de constructeurs ont imité MM. Babcock et Wilcox, tels que MM. Denaeyer et C[ie]. Lorsque les tubes de ces chaudières ne sont alimentés que par un tube de même diamètre pour 5, 6, 7 et 8 tubes vaporisateurs, leur production moyenne ne peut guère dépasser

12 à 14 kg par mètre carré et par heure, car souvent les tubes de 0,070 m de diamètre ont 6 m de longueur et le manque d'eau donne lieu à la formation de poches de vapeur qui, au coup de feu, produisent la déformation des tubes vaporisateurs; au-dessous de la production de 12 kg par mètre carré moyen et par heure, les déformations et l'explosion des tubes ne sont pas à redouter; mais, comme on le voit, la production de ce genre de générateur est très limitée, car, en effet, si la vitesse du mélange d'eau et de vapeur dans les tubes vaporisateurs est de 4 m par seconde en moyenne, s'ils ne sont pas très longs et bien alimentés, la vitesse dans les tubes d'alimentation allant du corps du cylindre aux vaporisateurs devrait être 6, 7 et 8 fois plus grande, si chaque barillet collecteur est à 6, 7 ou 8 tubes vaporisateurs. Donc, au moins, la vitesse, pour six vaporisateurs, devrait être de $4 \text{ m} \times 6 = 24 \text{ m}$ à la seconde, à laquelle correspond une charge théorique de 29 m en colonne d'eau qui, avec les changements de direction, les coudes et les contractions, peut être estimée, en pratique, à 35 m de hauteur de colonne d'eau, soit 3,500 kg, ce qu'il est impossible de jamais obtenir : de là, formation des poches et les coups de feu qui s'ensuivent, si on veut augmenter la production au-dessus de 16 à 17 kg en poussant les feux. Quand on voit de telles chaudières, on se demande si c'est à l'hectare que les industriels les achètent, puisqu'ils semblent ne pas tenir compte de la production qui, ici, n'est que le tiers ou le quart de ce qu'elle devrait être.

Dans sa communication à la Société des Ingénieurs Civils de France, en 1903, M. Montupet a fortement insisté sur le manque de circulation de l'eau dans beaucoup de chaudières dérivées du type Mac Nicol, *chose parfaitement bien connue depuis plus de trente ans*, mais que l'usage d'acheter des chaudières au prix du mètre carré et non à sa production pourra perpétuer encore très longtemps, l'acheteur croyant qu'il lui faut 1,25 m^2, 1,50 m^2, 1,75 m^2 et 2 m^2 par cheval, ignorant qu'avec des machines Sulzer ou Corliss à condensation, 1 m^2 de surface de chaudière Normand ou de locomotive lui donnerait 6 et même 8 ch, et qu'en bonne pratique, il pourrait compter sur 4 ch par mètre carré moyen de chaudière.

Dans sa communication du 22 janvier 1904, M. Duchesne, en présentant une chaudière Perkins-Field à tubes inclinés du genre Collet, est arrivé aux mêmes conclusions que M. Montupet, en disant que, quel que soit le système des chaudières, la circu-

lation n'y saurait jamais être trop intensive; de là les perfectionnements qu'il a apportés à la chaudière très perfectionnée dérivée du type Collet.

§ 19. — Chaudière Normand.

M. Augustin Normand, du Havre, a perfectionné les chaudières dérivées du système Dutemple, en créant le type représenté figures 36, 37 et 38 *(Pl. 64)*, spécialement étudié pour la marine. J'ai donné au paragraphe 4 les résultats qu'a obtenus M. Normand et qui sont des plus brillants : ici je ne ferai que résumer les dispositions principales de ses chaudières des contre-torpilleurs *Arquebuse* et *Arbalète*. Figures 36 et 37, on voit un grand nombre de petits tubes reliant le corps cylindrique *a* à deux barillets *b* et *b′* qui sont alimentés par un gros tube cuissard *c (fig. 36)*. Le foyer se trouve placé entre les deux groupes de tubes vaporisateurs à double courbure pour faciliter les dilatations inégales sans produire de fuites : le retour d'eau aux barillets *b* et *b′* se fait par deux gros tubes cuissards *c* qui, par leur grande section d'écoulement, ne donnent lieu qu'à une perte de charge insignifiante.

A ce sujet, je crois devoir dire que certains constructeurs suppriment le tube cuissard *c* de retour et que l'inversion se fait par les petits tubes les moins chauffés, donc les plus éloignés du coup de feu; quoique les deux systèmes donnent de bons résultats, je crois que la disposition de M. Normand est à préférer, car si elle n'est pas indispensable, elle ne peut jamais être mauvaise et donc être toujours utile quoi qu'il arrive.

Certains constructeurs font leurs corps cylindriques et leurs barillets avec des surfaces planes, pour servir de plaques tubulaires, et leurs tubes sont droits; donc on pourrait craindre que les dilatations inégales ne donnent lieu à des déboîtements de tubes et à des fuites; mais il paraît que les chaudières à tubes droits donnent aussi un bon service : c'est ici le cas de dire encore que la double courbure, si elle n'est pas indispensable, ne peut être qu'utile.

La figure 39 fait voir comment les flammes et fumées circulent autour des tubes vaporisateurs pour se rendre à la cheminée (ce qu'indiquent les flèches de cette figure) en donnant le maximum pratique d'effet utile et d'utilisation thermique, du calorique développé sur la grille.

§ 20. — Chaudière Thornycroft-Schutz.

Cette chaudière *(fig. 40, 41 et 42, Pl. 65)* diffère très peu de celle de M. Normand; je la donne comme variante du type, pour ses deux grilles ou foyers, ce qui permet d'accumuler encore une plus grande surface dans un même cube ou volume disponible limité. Mais la position d'un groupe de petits tubes entre deux feux (foyer ou grille) est-elle à recommander ? C'est ce que je ne puis dire aujourd'hui, ce type étant encore trop nouveau à ma connaissance.

§ 21. — Chaudière multitubulaire à production très intensive.

Cette chaudière *(fig. 43 et 44, Pl. 65)*, de l'auteur 1887, a été construite sous cinq à six formes différentes avec barillets ou avec cloisons type Mac Nicol, comme figure 23. Dans certains cas, ces chaudières ont été chauffées au gaz des hauts fourneaux, dans d'autres, par des grilles ordinaires, dans d'autres encore, par des grilles gazogènes; enfin, comme l'indiquent les figures 43 et 44, par gazogène à voûte en produits réfractaires, avec récupérateurs d'air secondaire et sécheur de vapeur.

Comme on le voit : 1° les tubes vaporisateurs sont courts pour leur diamètre, 0,120 m ; 2° ils sont entretoisés afin de bien maintenir l'écartement des cloisons à lames d'eau d'alimentation et de vapeur; 3° dix guide-eau *l (fig. 43)* dirigent le courant ascendant d'eau chaude et de vapeur dans le corps cylindrique, afin de laisser en repos le niveau d'eau dans ledit corps cylindrique; 4° le retour de l'eau se fait par deux petits corps cylindriques *mm* et deux cuissards *n* avec deux communications *o*, dans un barillet inférieur d'alimentation *p*. Comme on le voit, il n'y a pas de perte de charge appréciable, pour le passage de l'eau de *l* en *p*; aussi, avec une production de vapeur de 35 kg par mètre carré moyen et par heure, n'a-t-on constaté qu'une élévation du niveau d'eau de 0,028 m et pas trace d'agitation en marche (1).

(1) Les établissements Borsig, de Berlin, viennent d'adopter une disposition semblable, avec grille ordinaire, comme nous avons fait depuis vingt ans. Voyez l'*Engineering* du 13 mai 1904, pages 671 à 675, figures 97 à 99.

Le foyer gazogène est du type Ten Brinck, comme celui de la figure 8; mais le bouilleur est remplacé par une double voûte en pièces spéciales réfractaires, parcourue par un courant d'air chaud à 250 degrés venant d'un calorifère tubulaire récupérateur, où il est porté dans le vide de la double voûte à 500 et 600 degrés. Cet air chaud, avec l'addition d'air froid entrant dans le foyer par le fumivore Ten Brinck *q*, assure une combustion complète et une fumivorité absolue.

La récupération ici est peu importante, car elle ne porte que sur 25 à 30, 0/0 de l'air total pour donner une bonne combustion, soit avec 12 m³ d'air par kilogramme de houille, déduction des cendres; donc sur 12 m³ d'air pris à 0 degré et à 760, 12 m³ × 0,3 = 3 m³ 600 pourront passer par le récupérateur *n*, alors (12 m³ 1,3 kg) + 1 kg = 15,600 kg de fumées auront à chauffer 3,600 m³ × 1,300 kg = 4,680 kg d'air secondaire. En admettant que la fumée arrive à 300 degrés en *n*, elle emportera :

$$15{,}6 \text{ kg} \times 0{,}24 \times 300 \text{ degrés} = 1\,023 \text{ calories}$$

qui, sur 7 500 calories représentent une perte de :

$$\frac{1\,023 \text{ calories} \times 100}{7\,500 \text{ calories}} = x = 15{,}6 \text{ 0/0}.$$

L'air secondaire étant chauffé à 250 degrés, puisque son récupérateur a une surface de chauffe de 32 m², utilisera donc :

$$4{,}680 \text{ kg} \times 0{,}24 \times 250 \text{ degrés} = 281 \text{ calories},$$

soit 3,6 0/0 de la chaleur totale et 27 0/0 de la chaleur perdue, ce qui est fort peu de chose; mais, comme il relèvera notablement la température du foyer, la différence de température entre les flammes et l'eau de la chaudière sera plus grande; comme la disposition du foyer donne la combustion complète, il y a de fait une économie de 10, 0/0 bien constatée par le système Ten Brinck ou par la voûte en briques qui le remplace aujourd'hui; c'est ce que le tableau n° 2, § 5 fait bien voir par l'utilisation thermique de 77,1/2 0/0, alors qu'au tableau n° 3 la meilleure chaudière d'usine ne dépasse pas celle de 75,1/2 et celle dite semi-tubulaire, avec un soi-disant économiseur (d'égale surface à celle de vaporisation) n'arrive qu'à 72,2/5 0/0.

En *m* se trouve un vaporisateur dit surchauffeur qui a été imposé par l'usine, mais dont l'utilité est des plus contestables.

En résumé, on ne saurait trop insister sur la grande inutilité des prétendus réchauffeurs-économiseurs, et sur les grands avantages de la production intensive.

§ 22. — Condensation centrale barométrique.

En 1858, à la suite d'accidents de machines à vapeur à condensation dus à des coups d'eau (c'est-à-dire à l'introduction de l'eau dans les cylindres) ayant réduit en miettes lesdites machines, nous avons pensé à modifier les condenseurs, pour que de semblables accidents ne puissent plus se produire. D'un autre côté, ayant eu à faire le projet de la distillation de 3 000 m^3 et même 4 000 m^3 d'eau de vidange par jour, nous avons cru que, pour agir sur d'aussi grands volumes, il serait bon d'avoir recours à la distillation dans le vide, avec pulvérisation du liquide à distiller, pour la production, également dans le vide, du sulfate d'ammoniaque.

Les figures 45 à 48 *(Pl. 65)* font voir une colonne barométrique de 12 m de hauteur, installée par l'auteur en 1858, donc de 2 m plus haute que la pression hydrostatique, assurant que l'eau ne pourrait jamais s'introduire dans la chambre dite barométrique, située à 12 m au-dessus du plan d'eau de la cuvette barométrique faisant joint hydraulique, de sorte que quelle que soit l'abondance de l'injection, et quelle que soit la vitesse de la machine ou des machines à vapeur, quel que soit leur nombre, l'eau ne pourrait jamais s'introduire dans les cylindres desdites machines.

D'un autre côté, ayant remarqué qu'en général la quantité d'eau injectée dans les condenseurs ordinaires est deux ou trois fois plus grande que l'indispensable pour produire la condensation de la vapeur, nous avons disposé le condenseur *(fig. 46*, coupe AB) pour recevoir six pluies d'eau successives, donnant la condensation graduelle et méthodique, avec le minimum d'eau; les coupes CD et EF donnent le détail des vasques à cascades produisant les six pluies méthodiques.

Si on n'emploie que le minimum d'eau, on n'aura donc à enlever que le minimum d'air mis en liberté par la condensation, comme le minimum d'eau à refouler, et, comme les pompes à air ordinaires absorbent en moyenne 10, 0/0 du travail de leurs machines, le condenseur barométrique donnera donc lieu à une économie de travail de 5, 0/0, qui est beaucoup moins contes-

table que celle des prétendus économiseurs et des surchauffeurs.

Les figures 47 et 48 font voir les dispositions de la cuvette bàrométrique, avec clapet d'arrêt s'opposant à la lancée due aux coups de piston d'échappement, dans la colonne barométrique, qui pourraient faire bélier hydraulique dans la chambre barométrique.

Figure 45, on voit en *f*, *g*, *h*, un dispositif qui s'oppose à la lancée; c'est un récipient régulateur à mi-hauteur de la colonne; dans ce cas, celle-ci est coupée en *ij* pour laisser l'excès d'eau de la lancée se répandre dans le régulateur *gh*. Dans ce cas, la cuvette barométrique *(fig. 47 et 48)* doit avoir un assez grand volume d'eau en réserve pour s'opposer à la rentrée de l'air dans la colonne et donc au condenseur.

Les figures 48, 50 et 51 font voir le triple pulvérisateur d'une autre chambre barométrique, pour n'employer que le minimum d'eau indispensable pour la condensation, mais qui devait, dans le programme de 1858, mettre en liberté les gaz ammoniacaux qui étaient fixés dans une autre chambre barométrique semblable à celle de la figure 46, par une pluie acide.

En 1857, comme Ingénieur de la maison de Coster, j'ai dû faire marcher des turbines de sucrerie à la vitesse de 2400 tours à la minute; les pivots de ces appareils chauffaient tellement qu'en moins de vingt minutes les huiles de graissage prenaient feu, la force centrifuge chassant les huiles du centre des pivots.

En voyant ce déplorable résultat, j'ai pensé à me servir de cette même force centrifuge pour graisser les pivots, en réduisant la vitesse relative desdits pivots. Comme on peut s'en rendre compte par l'examen des figures 52 à 55, la douille des pivots est surmontée d'un grand récipient d'huile qui, par deux tubes latéraux formant siphon *(fig. 52)*, amène l'huile de graissage au centre des pivots, lesquels sont creux et percés de trous. De plus, ils reposent sur quatre rondelles *(fig. 52 et 54)*, percées aussi pour laisser passer l'huile, et chaque rondelle *(fig. 54)* porte huit évidements, quatre en dessous et quatre en dessus, pour faciliter à l'huile sa pénétration entre les parties frottantes, qui est ainsi lancée par la force centrifuge entre celles-ci.

De cette façon, grâce à la force centrifuge, un courant continu d'huile s'établit, en assurant un très bon graissage, car la température des pivots, après quarante-huit heures de marche continue (les turbines d'essai étant chargées de 200 kg de grenaille

de plomb), n'ont accusé qu'une température de 40 degrés, l'air extérieur étant à 15 degrés. Il faut noter aussi que les quatre rondelles et le pivot réduisent relativement la vitesse de 2400 tours à $\frac{2\,400 \text{ tours}}{5} = 480$ tours en moyenne à la minute.

Le condenseur barométrique et le pivot des turbines se sont répandus et généralisés, dans les raffineries de sucre, depuis 1873, sur une grande échelle.

Pour avoir, en 1858, un pulvérisateur à très grande vitesse dans la chambre barométrique de condensation, nous avons pensé à le doter du pivot de 1857, que je viens de faire connaître ci-dessus, et qui nous avait déjà donné d'excellents résultats.

§ 23. — Réchauffeur-épurateur d'eau d'alimentation.

Dans le mémoire de juin 1890 (Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France), au paragraphe 26, nous avons fait voir qu'avec des chaudières timbrées à 12 kg, et avec le réchauffage de l'eau d'alimentation à 100 degrés, introduite aux chaudières entre 96 et 98 degrés, la dépense de vapeur par heure et par cheval est la même pour les machines avec ou sans condensation, dites à échappement libre.

Dans un second mémoire, en juin 1898 (Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France), au paragraphe 24, je fais encore voir combien souvent la condensation est inutile et antiéconomique, sauf le cas où on a de l'eau en abondance, ne réclamant pas une somme de travail considérable pour être amenée aux condenseurs.

J'ai fait remarquer dans ces deux occasions que si, par exemple, une force de 2000 ch est divisée en cinq moteurs de $\frac{2\,000 \text{ ch}}{5} = 400$ ch, ou en deux moteurs de 800 ch et un de 400 ch, en utilisant toute la vapeur de 400 ch à porter à 100 degrés l'eau d'alimentation des 2000 ch, les 400 ch. à échappement libre seront aussi écomiques que ceux d'une machine de même puissance à condensation; mais que si l'alimentation de 1600 ch à condensation se fait à la température de 96 ou 98 degrés, on obtiendra une économie de 12 0/0 sur les 1600 ch et une économie de 9 0/0 sur la totalité des 2000 ch, ce que jamais les surchauffeurs et les économiseurs ne pourront donner.

Les figures 56 à 58 *(Pl. 65)* font connaître un réchauffeur-épura-

teur filtrant, qui reçoit la vapeur d'échappement dans un dégraisseur *c*, que l'on a dû disposer comme le sécheur (*fig. 12*) pour arrêter les dernières traces de graisse et d'huile. De ce dégraisseur, la vapeur pure se rend dans la colonne à cascades et à cônes distributeurs de pluie (cônes remplaçant des vasques semblables à celles CD et EF (*fig. 46*) qui s'incrustaient trop rapidement). Dans sa partie supérieure, la colonne (réchauffeuse) *b* est surmontée d'un récipient qui porte l'eau à la température de 80 à 85 degrés environ, avant qu'elle tombe dans les dix cascades qui doivent la tenir en ébullition à 100 degrés, sous la pression 760. Puis l'eau à 100 degrés tombe dans le grand réservoir *a*, en passant dans un fourreau *l* percé de trous *k* ainsi que son entonnoir; par les trous *k* de grand diamètre, la pression due aux coups d'échappement des machines à vapeur se répartit sur toute la surface du plan d'eau sans pouvoir donner au liquide la moindre oscillation; aussi, si l'eau est à 100 degrés dans la cuve au-dessus du filtre *n*, elle est complètement froide au fond de ladite cuve, au-dessus de la vidange *o*. Dans ce réchauffeur, l'eau est prise sous pression par les pompes alimentaires à 100 degrés, qui la refoulent aux chaudières où elle arrive entre 96 et 98 degrés, si les conduites et les pompes sont bien recouvertes de calorifuge.

Par la vidange *o*, on fait l'extraction, tous les jours, de 2 à 3 hl d'eau, pour chasser le dépôt boueux ou vaseux. Ceci, bien entendu, si les sels incrustants sont des carbonates terreux; mais s'ils renferment des sulfates et des chlorures, il faut ajouter, par un écoulement continu sur le premier cône *h*, au-dessus de l'arrivée de vapeur *g*, une solution de carbonate de soude, soit un équivalent de ce carbonate pour un équivalent de sulfate et de chlorure. Il se produit en *a* du chlorure de sodium et du sulfate de chaux, qui vont aux chaudières, ce qui conduit à faire des extractions comme en marine, pour débarrasser lesdites chaudières de ces sels sirupeux qui les feraient cracher, si on les laissait se concentrer plus d'une semaine; le mieux est de perdre sous pression tous les jours 5 à 10, 0/0 de l'eau renfermée par lesdites chaudières, quand on fait usage d'eau aussi sulfatée que celles du bassin de Paris.

§ 24. — Conclusion.

Le but de cette étude est de faire comprendre : 1° que nous sommes encore bien loin d'utiliser la conductibilité des métaux dans la construction des chaudières à vapeur ; 2° que les chaudières à production intensive, comme celles des locomotives et des contre-torpilleurs, utilisent beaucoup mieux le calorique que les chaudières à production lente et paresseuse ; 3° que les prétendus économiseurs et les surchauffeurs ne réalisent aucune économie réelle et n'en ont que de trompeuses et apparentes (1), ainsi que les tableaux n[os] 2 et 3 le font voir, paragraphes 5 et 7 ; 4° qu'avec la double et la triple expansion et avec les très hautes pressions qu'elles réclament, la surchauffe devient de plus en plus limitée et donc de plus en plus inefficace ; 5° que la condensation centrale avec pompes à air (à vide) à sec ou à colonne d'eau s'impose, pour simplifier les très puissantes machines, et que, d'un autre côté, une machine à faire le vide peut être tenue à vitesses variables entre 15 et 80 tours à la minute, gouvernée par un piston plongeur à longue course relative de 0,250 m à 0,300 m qu'un ressort antagoniste gouverne, pour un vide pratique à 720 mm (ou d'une force élastique de 0,556 m de colonne d'eau) ; de telle façon que le plongeur, agissant sur la distribution d'une Sulzer ou d'une Corliss, donnant par action directe le mouvement à la pompe de vide (pompe à air). Celle-ci, en passant de la vitesse de 15 à 80 tours, maintiendra un vide constant avec une injection d'eau automatique gouvernée par le même plongeur ; donc, pour les machines de forges, reversibles et autres, à puissances très variables, il n'y a plus à s'occuper de l'injection d'eau au condenseur avec la crainte continuelle d'accidents dus à des coups d'eau avec un travail relatif souvent inutile et considérable de pompe à air ; 6° l'alimentation à l'eau chaude à 96 degrés par réchauffeur-épurateur est plus pratique qu'aucun autre moyen d'alimentation capable de réaliser une économie réelle de 9 à 10 0/0 ; 7° enfin, il faut noter aussi l'inutilité de coûteuses installations réfrigérantes d'eau de condensation que rien ne justifie plus aujourd'hui. Il y a soixante ans,

(1) Les économiseurs ont le grand défaut de refroidir beaucoup trop les fumées, sans utilisation réelle ; mais quand les fumées tombent aux environs de la température de 100 degrés au contact de tubes froids, il y a, avec les houilles pyriteuses, production d'acide sulfureux passant partiellement à l'état d'acide sulfurique qui détruit ces économiseurs en fort peu de temps.

il est vrai, les machines sans condensation sous pression de 3 à 4 kg dépensaient par heure et par cheval 50, et 60, 0/0 plus que les machines à condensation; de là les petits lacs réfrigérants, comme celui de Saint-Germain, pour les machines du chemin de fer atmosphérique, et les hauts massifs à fagots d'épines des salines et des sucreries, destinés à refroidir l'eau de condensation, par évaporation, d'autant plus active que la température est élevée. La mise en circulation de ces eaux et leur élévation à 10, 15 et 20 m de hauteur absorbent plus de travail que la condensation, souvent à 50 degrés l'été, ne peut récupérer, sans produire la moindre économie, sur la marche de bonnes machines à vapeur sans condensation à 12 kg dont les machines sont alimentées à 96°, bien entendu si ces machines sans condensation sont aussi perfectionnées que celles à condensation. Ici il est bon de dire que, par un préjugé inexplicable à notre époque, beaucoup d'industriels, persuadués que les machines à échappement libre sont plus onéreuses que les autres, ne les prennent qu'à regret, *quand ils ne peuvent pas faire autrement*, en les considérant comme des machines provisoires, qu'ils veulent ne payer que très bon marché : d'où suit que les constructeurs les simplifient à l'extrême en supprimant les enveloppes et les détentes perfectionnées, pour les faire marcher à très grande vitesse pour une puissance déterminée; de sorte qu'avec de telles idées, on retourne en arrière à soixante ans de date, ce qui continue à justifier en apparence cette très fausse opinion que les machines sans condensation sont très dépensières et qu'il ne faut les accepter que quand on ne peut pas faire autrement, alors que, dans beaucoup de cas, les machines sans condensation sont plus économiques que beaucoup de machines à condensation, trois et quatre fois plus coûteuses en frais d'installation, pour produire le même travail. Aujourd'hui il est bien démontré que la traction par locomotives timbrées à 16 kg tandem ou compound est plus économique que la traction électrique avec machines à triple et à quadruple expansion, avec condensation, avec réfrigérant d'eau de condensation, avec chaudières à lente production, avec économiseur et surchauffeur de vapeur, qui coûtent des sommes folles pour ne pas donner la moindre économie réelle, sans compter l'intérêt du capital, son amortissement, les frais d'entretien et de réparation, qui pèsent si lourdement sur beaucoup d'installations des plus récentes.

TABLE DES MATIÈRES

CHRONIQUE

N° 291

Sommaire. — Locomotives à grande vitesse en Allemagne. — Trains routiers électriques. — Les carrières de Soignies. — Les hauts fourneaux de l'Ile d'Elbe. — Le naphte dans l'Extrême-Orient. — Station centrale pour l'éclairage, le chauffage et la production du froid.

Locomotives à grande vitesse en Allemagne. — Nous avons donné, dans la Chronique de janvier dernier, page 114, quelques détails sur la grosse locomotive à trois cylindres construite par la maison Henschel. Cette machine à fait ses essais sur la ligne de Göttingen-Kreiensen au commencement du mois de février. Elle a réalisé, avec un train de quatre grandes voitures, une vitesse de 128 km à l'heure. Cette machine a été envoyée à Berlin pour être soumise à des essais sur la ligne de Marienfeld-Zossen où ont été faits ceux des voitures électriques, et doit ensuite être expédiée aux Etats-Unis pour figurer à l'Exposition de Saint-Louis.

D'autre part, la direction de Berlin des chemins de fer de l'État prussien fait essayer en ce moment sur cette même ligne Marienfeld-Zossen une nouvelle locomotive construite sur les plans de M. Garbe et fonctionnant avec surchauffe de la vapeur ; elle sort des ateliers Borsig et pèse 50 t en ordre de marche sans le tender; on se propose d'atteindre des vitesses de 120 km à l'heure avec des trains comportant jusqu'à six grandes voitures et pesant 225 t, locomotive et tender non compris (1).

Nous trouvons encore dans les journaux allemands la description d'une autre locomotive très puissante et destinée au service rapide sur des lignes à profil accidenté, construite aux ateliers Henschel, sur les plans de leur ingénieur en chef, M. H. Keller, qui a succédé à M. Kuhne, mort l'été dernier. Cette machine doit figurer à l'Exposition de Saint-Louis, avec la machine décrite précédemment et deux autres plus petites des mêmes constructeurs.

C'est une locomotive-tender à sept essieux, dont trois accouplés encadrés par deux bogies à deux essieux, représentée par $\overline{PP}CMM\overline{PP}$. Il y a quatre cylindres, deux intérieurs et légèrement inclinés, placés sur le bogie avant et attaquant le premier essieu accouplé, et deux extérieurs placés immédiatement avant les roues accouplées d'avant et actionnant le second essieu à grandes roues. Ce sont les cylindres à haute pression; ils ont des tiroirs cylindriques, et les cylindres à basse pression des tiroirs plans. Les calages respectifs des manivelles des deux essieux

(1) D'après le journal du *Verein* du 30 mars dernier, cette locomotive aurait réalisé dans ces essais une vitesse de 128 km à l'heure avec un train de six voitures, et une vitesse de 135 avec un train de trois voitures.

moteurs sont à 180 degrés. La distribution se fait aux deux groupes par un appareil Walschaerts commandé par des contre-manivelles extérieures sur l'essieu du milieu et le mouvement se transmet de chaque tiroir à haute pression au tiroir correspondant à basse pression, par un balancier renversant ce mouvement; toutefois, ce dernier cylindre a un levier d'avance particulier; cette disposition évite une paire d'excentriques, mais parait compliquée. Il y a deux systèmes de longerons: l'un va de l'avant du foyer à l'avant de la machine et est dévoyé pour recevoir les cylindres à basse pression; l'autre système, avec un écartement plus grand, va de l'avant du foyer à l'arrière de la machine; l'on peut donner ainsi à la boite à feu une largeur considérable.

La chaudière est très grande. Le corps cylindrique, qui a 1,634 m de

	ÉTAT PRUSSIEN	ÉTAT PRUSSIEN	ÉTAT BADOIS
Type de la machine	PPMMPP	PPCMMPP	PCMPP
Constructeur	Henschel	Henschel	Maffei
Surface de grille . . . m²	4,40	4,10	3,87
Surface de chauffe directe . . . m²	15,24	15,3	13,60
Surface de chauffe tubulaire . . m²	244,57	175,9	196,50
Surface de chauffe totale . . . m²	259,81	191,2	210,10
Surface du surchauffeur . . . m²	»	44 »	»
Pression . . . atm	14	14	16
Diamètre des cylindres à haute pression . . mm	524	420	335
Diamètre des cylindres à basse pression . . mm	524	630	570
Course des pistons . . . mm	630	630	620
Rapport de volumes des cylindres . . .	2	2,25	2,90
Diamètre des roues motrices . . . m	2,200	1,750	2,100
— — de support . . . m	1,000	1,000	0,990 et 1,200
Écartement fixe des essieux . . . m	2,56	4	2,20
— total — . . . m	11,48	13,70	10,42
Poids de la machine vide . . . kg	77 600	77 000	66 800
— — en service . . kg	87 000	106 500	74 000
Eau dans les caisses . . . l	20 000	13 000	20 000
Charbon dans les soutes . . . kg	7 000	4 000	6 500
Poids du tender plein . . . kg	57 000	»	49 200
Poids total du moteur . . . kg	144 000	106 500	123 200

diamètre, contient cent soixante-quatre tubes de 50 mm de diamètre et 5 m de longueur et, au-dessus, trois rangées de chacune huit gros tubes de 127 mm, contenant chacun un tube de 25 mm de diamètre et de 8 m de longueur, ployé en forme d'U à branches très allongées, formant surchauffeur; ces petits tubes aboutissent à une boite divisée en deux parties et placée dans la boite à fumée.

La machine est symétrique, il y a deux abris, un à chaque extrémité;

le poste du mécanicien est à l'avant; les caisses à eau sont sur les côtés de la chaudière entre les deux abris. Toutes les roues, motrices et porteuses, sont freinées, avec frein à air Westinghouse et frein à main. La machine porte une sablière à air comprimé, un tachymètre à transmission électrique, système Frahn, des appareils pour le chauffage à vapeur, etc. Nous donnons les dimensions principales dans le tableau ci joint avec celles de la machine à trois cylindres dont il a été question plus haut. Cette locomotive, dont le poids maximum en service atteint 106,5 t, est la plus pesante machine européenne, après la locomotive Mallet du chemin de fer Central Aragon, pesant 108 t, dont nous avons parlé dans la Chronique de décembre 1902, page 839.

La machine allemande est dite pouvoir développer une puissance de 1 800 ch et réaliser une vitesse de 90 km à l'heure; elle peut passer dans des courbes de 180 m de rayon. Elle doit être essayée sur les lignes à profil accidenté de la direction d'Erfurt, avant d'aller à Saint-Louis.

Nous croyons pouvoir ajouter ici quelques détails sur les locomotives fournies, il y a deux ans, par la maison Maffei aux chemins de fer badois et qui figurent encore au nombre des plus puissantes qui existent. Elles ont cinq essieux, dont deux accouplés au milieu, deux formant bogie à l'avant et un essieu de support sous le foyer. Il y a quatre cylindres, deux intérieurs à haute pression et deux extérieurs à basse pression; ces quatre cylindres actionnent le premier essieu accouplé avec des manivelles calées à 180 degrés pour chaque paire. La distribution, du système Walschaerts, actionne les tiroirs au moyen d'un seul appareil par paire de cylindres. Le foyer est très large et placé à l'arrière des roues accouplées. Le corps cylindrique contient deux cent soixante-quatorze tubes de 52 mm de diamètre et 4,80 m de longueur. Le tender, de grande capacité, est porté sur deux bogies.

Ces machines, au nombre de douze, destinées au service des trains rapides sur la ligne de la rive droite du Rhin, de Bâle à Mannheim, peuvent traîner des rains de quarante-deux essieux pesant 305 t, machine et tender non compris, à des vitesses allant jusqu'à 120 km (1).

D'après des expériences récentes, rapportées dans l'*Organ*, la puissance indiquée sur les pistons aurait atteint 1 850 ch., ce qui ferait 8,8 ch par mètre carré de surface de chauffe et 25 ch par tonne de poids de la machine en service, tender non compris. Le poids, par cheval indiqué, ressortirait ainsi à 40 kg., et probablement 44 à 45 par cheval développé à la jante des roues. On remarquera le rapport très élevé de volumes des cylindres, 2,90.

Les mêmes constructeurs ont fait récemment des locomotives du même type pour les chemins de fer de l'État de Bavière; elles sont un peu moins puissantes; le poids, en service, n'est que de 68 500 kg; on a réduit la surface de grille à 3,28 m² et la surface de chauffe à 205,5 m². Le rapport de volumes des cylindres de 2,80.

Trains routiers électriques. — On construit, aux États-Unis, des trains routiers basés sur un autre principe que celui qui est em-

(1) Le journal du *Verein* du 14 mai dit que, dans un essai officiel fait le 3 mai, la vitesse atteint 140 km à l'heure.

ployé par le colonel Renard, dans l'application récente qui a vivement attiré l'attention. Au lieu d'une transmission mécanique entre le moteur et les autres véhicules, on a recours à une transmission électrique.

On a construit récemment un train de ce genre destiné à l'exploitation du borax, dans la Death Valley, en Californie. Le succès a été tel que sept autres ont été commandés aux mêmes constructeurs, la Gibbs Engineering Company, à Glendale, et sont actuellement en construction.

Chaque train se compose de sept véhicules, dont un porte le moteur. Celui-ci est un moteur à pétrole à quatre temps et à trois cylindres de 75 ch et commande une dynamo génératrice. Le courant actionne des réceptrices commandant les roues motrices du tracteur et celles de chacun des autres véhicules. On voit tout d'abord que la charge payante est utilisée pour l'adhérence et que, dès lors, le tracteur n'a pas besoin d'avoir un poids assez considérable pour que l'adhérence correspondante soit appliquée à la traction du train entier, comme c'est le cas avec un train remorqué par une locomotive routière.

Chacun des véhicules remorqué pèse environ 4 400 kg et peut recevoir un chargement de 13 500 kg ; la construction est fait presque entièrement en acier et le chargement se fait par des portes latérales.

Les roues sont en tôle emboutie et sont commandées par les moteurs au moyen de chaines. Le tracteur pèse 6 800 kg en ordre de marche; il est donc beaucoup plus léger que chacune des voitures remorquées chargées. L'ensemble du train est muni de freins à air Westinghouse, actionnés par un compresseur placé sur le tracteur.

Celui-ci est gouverné comme une automobile ordinaire ; les autres véhicules portent une cinquième roue et une flèche qui s'attelle à celle du véhicule voisin ; il en résulte que, lorsqu'on change la direction du tracteur, chaque véhicule remorqué décrit, pratiquement, un arc de cercle semblable. Comme les freins sont actionnés depuis la voiture motrice, on voit que l'ensemble du train est sous le contrôle d'une seule personne.

Le moteur, dont nous avons indiqué plus haut le caractère, présente des particularités intéressantes : il n'y a ni roues dentées, ni came dans le carter ; le mécanisme est placé dans une boîte au-dessus des cylindres et peut être inspecté avec la plus grande facilité. Les soupapes d'admission et d'échappement sont en acier au nickel ; elles peuvent, de même que les appareils d'allumage, être enlevées et examinées très rapidement. Dans les trains de la Death Valley, où on peut parcourir des distances considérables sans trouver la moindre ressource pour des réparations, on installe deux moteurs sur chaque tracteur ; en les faisant agir tous les deux sur le générateur d'électricité, on développe environ 75 ch qui permettent d'obtenir, avec un train chargé, une vitesse de 7 à 7,5 km à l'heure. Avec un seul moteur, on peut encore conduire le train à une vitesse plus faible, dans le cas où l'autre serait hors de service. Ces renseignements nous sont donnés par le *Railway Age*.

D'autre part, nous trouvons dans l'*Engineering Magazine* quelques détails sur un autre type de ces trains construit par la même maison, ce qui semble indiquer une exploitation déjà assez développée.

Dans ce modèle, le tracteur n'est destiné qu'à remorquer deux véhicules ; il pèse 6 t en ordre de marche ; les roues motrices ont 0,915 m de diamètre, et celles de direction 0,80 : les essieux sont distants de 1,83 m.; la voie ou écartement des roues du même essieu est également de 1,83 m. Les roues motrices ont des bandages en caoutchouc plein de 177 mm de largeur, et les roues de direction des bandages de même matière de 87,5 mm.

Le tracteur porte deux moteurs électriques de 6 ch recevant le courant, à 220 volts, d'une génératice actionnée par un moteur à gazoline à trois cylindres de 40 ch. Sur le véhicule se trouve un réservoir pour ce liquide, d'une capacité de 120 l, et un réservoir d'eau de 200 l.

Les véhicules actionnés par le tracteur pèsent vides 2 300 kg ; leurs roues ont 1,40 m de diamètre pour les motrices et 0,95 m pour celles de direction. Toutes ont des bandages d'acier de 0,125 m de largeur. Ces véhicules portent un chargement de 10 t, avec une surface disponible pour les matières transportées de 5 $\times$ 1,70 m. Leurs roues motrices sont commandées par deux moteurs électriques de 5 ch recevant, par des conducteurs flexibles, le courant de la génératrice placée sur le tracteur. Comme on l'a vu précédemment, un seul homme suffit à la manœuvre du train.

Les carrières de Soignies. — Nous avons, dans la Chronique de janvier 1903, page 222, donné une description de l'exploitation des carrières du Hainaut, à Soignies. Nous croyons intéressant de compléter ce travail par des renseignements analogues sur les carrières P. J. Wincqz et C[ie], également à Soignies, d'après une note parue dans le *Bulletin de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège*. Ces carrières contiennent en effet des installations particulièrement intéressantes.

L'exploitation proprement dite comprend trois opérations distinctes

1° *Section de la roche ou séparation des masses*. — Cette opération est très délicate et a, depuis longtemps, attiré l'attention des spécialistes. L'emploi de la poudre et des autres explosifs, présentant de graves inconvénients, est complètement exclu des moyens d'exploitation. On a essayé, avec un grand succès, de pratiquer la section de la masse à l'aide de rainures produites par des machines percutantes. Mais ce mode d'opérer, malgré les grands avantages qu'il présentait, a été récemment abandonné pour être remplacé par le fil hélicoïdal, lequel permet d'obtenir un débit dont l'économie et la précision dépassent tout ce qui avait été obtenu jusqu'à ce jour. C'est dans les carrières de la Société P. J. Wincqz que la première application du fil hélicoïdal a été faite.

2° *Le débit des blocs dans les masses séparées de la roche* se fait par le fil hélicoïdal et par l'emploi de coins.

3° *Extraction des blocs*. — Les blocs, placés sur rouleaux, sont amenés à l'aide de cabestans sur des wagons, au pied des rampes d'extraction et ensuite remontés à la surface par des treuils différentiels très puissants, permettant la traction de blocs de 100 t.

Il convient d'y ajouter l'installation toute récente d'un magnifique

pont élévateur roulant. On sait que l'emploi de ces appareils constitue aujourd'hui le système le plus parfait pour l'extraction, tant pour les facilités et la rapidité qu'il procure que pour les grandes économies qui en résultent. L'énergie est fournie par par une génératrice de 130 ch à courant continu, 250 volts, installée à la station centrale. Le courant est transmis par l'intermédiaire de trolley à trois électro-moteurs distincts, chargés respectivement du levage, du mouvement transversal des blocs et de la translation de la grue.

Les pierres extraites des différentes carrières sont amenées par des locomotives dans le chantier central.

La manutention en chantier se fait surtout à l'aide de deux ponts roulants, l'un de 20 m de portée, avec treuil à vapeur, pouvant lever 25 t, l'autre du type funiculaire de 13 m de portée, pouvant lever 50 t.

Une des branches principales de cette exploitation est le débit des blocs en tranches minces. Ce travail, d'une haute importance, est opéré soit à l'aide de scies alternatives à sable, soit à l'aide de scies circulaires à diamants, engins dont la rapidité et la précision sont merveilleuses; les diamants sertis à froid proviennent du Cap. La Société anonyme des Carrières P. J. Wincqz est la première et actuellement la seule en Belgique qui opère le débit de la pierre par scies à diamants.

L'installation de scieries nouvelles impose une dépense de premier établissement considérable et les appareils actuellement en usage présentent de nombreux inconvénients.

Les appareils à scier les pierres, marbres, granits, etc., usités actuellement, composés généralement d'un cadre ou châssis rectangulaire portant des lames de scies et suspendu par quatre bielles oscillant sur des tourillons fixés à deux traverses, donnent lieu, dans la pratique, aux observations critiques suivantes.

La descente des châssis porte-lames doit être réglée à une vitesse constante, sans qu'il soit possible de tenir compte des irrégularités de résistance à l'usure. Or, la plupart des pierres contiennent certaines parties (cristaux de quartz, matières siliceuses, pyrites, etc.), qui offrent localement une résistance plus considérable que l'ensemble de la masse. C'est d'après ce maximum de résistance que la vitesse doit être calculée.

Dans ces conditions, la durée du travail de sciage est trop considérable, puisqu'elle équivaut, en réalité, à celle qui est nécessaire pour scier un bloc présentant uniformément, dans toute sa masse, une résistance égale à celle de ses parties les plus dures. La descente à vitesse constante exige, en outre, une alimentation régulière d'eau et de matières usantes, sable ou globules, pour éviter que les lames ne s'échauffent ni ne se faussent.

Enfin le mode de suspension des châssis restreint le travail des lames aux moments très courts où elles sont en contact avec la pierre à chaque oscillation. Corriger ces défectuosités, qui diminuent d'une façon si notable le travail utile de chaque appareil, est évidemment, au point de vue industriel, une solution préférable à l'installation de nouveaux châssis.

Plusieurs tentatives ont déjà été faites dans ce but. On a essayé, notamment, de suspendre les châssis soit à l'aide de parallélogrammes,

soit à l'aide de longues bielles ou de bielles à ressort; mais aucun de ces dispositifs n'a pu être maintenu dans la pratique. Le système actuel lui-même avait remplacé le système de suspension à contrepoids.

Ce dernier — théoriquement parfait puisque la descente se faisait au fur et à mesure de l'usé — avait l'inconvénient grave qu'à chaque oscillation se produisaient des soubresauts du châssis. Les lames, dans ces conditions, n'agissaient plus que par choc; leur travail utile diminuait et elles produisaient de faux sciages.

MM. G. Wincqz et H. Machepy ont apporté un très grand perfectionnement dans les scieries de pierres et de marbres, en munissant le châssis porte-scies à un dispositif qui le fait descendre au fur et à mesure de l'usé.

Dans ce perfectionnement, le châssis portant les lames de scies est suspendu par des câbles passant sur des poulies de renvoi et allant s'enrouler sur un tambour. Ce tambour est muni d'une poulie sur laquelle est susceptible de s'enrouler un autre câble passant sur une autre poulie et à l'extrémité duquel est attaché un contrepoids. Ce contrepoids plonge dans un cylindre fermé à sa base et plein d'eau, de manière que l'ensemble forme balance hydrostatique, c'est-à-dire que le contrepoids plonge dans l'eau, équilibre le poids du châssis et de ses accessoires, bielles de suspension, traverses etc.

Les lames étant posées sur le châssis, il se produit une prépondérance du côté de celui-ci. La descente, étant provoquée par cette prépondérance, a lieu nécessairement au fur et à mesure de l'usé. C'est donc la pierre elle-même et les résistances variable qu'elle peut présenter qui déterminent la vitesse de descente. Il est évident, dès lors, que cette vitesse sera plus grande que dans les appareils actuels où la descente est régie par un mécanisme réglé sur les résistances à l'usé les plus fortes. Le contrepoids baigne dans l'eau et l'on conçoit que, dans ces conditions, l'action brusque de la bielle et du contact des lames soit sans influence. En réalité, le contrepoids est calé d'une manière élastique. Pendant la durée d'une oscillation, temps relativement long, il conserve la mobilité nécessaire pour permettre la descente du châssis au fur et à mesure de l'usé, et le travail utile, au lieu d'être strictement limité au moment très court du contact de la tangente à l'arc d'oscillation — comme cela a lieu dans les anciennes dispositions des châssis à scies — se trouve être considérablement augmenté par l'allongement de cette tangente amenée à couper l'arc.

La supériorité du système consiste tout d'abord en ce que la descente n'est pas provoquée par un mécanisme indépendant de la résistance de la pierre, mais a lieu au fur et à mesure du travail exécuté par les lames, qu'elle est provoquée par l'avancement de ce travail. La pression de ces lames étant constante, il n'y a plus à craindre de faux sciages.

Si, pour une raison ou l'autre, l'alimentation était insuffisante, il en résulterait seulement un ralentissement dans le travail. De plus, la durée du contact des lames avec la pierre étant augmentée, on arrive à obtenir, dans les scieries établies d'après ce système, le maximum de travail utile. Enfin, la manœuvre des châssis est facilitée, puisqu'il suffit, pour les faire remonter, d'ouvrir le robinet de vidange du bac à

eau ; le contrepoids, ne baignant plus dans le liquide, entraine le châssis.

L'application du système de descente par balance hydrostatique a permis de doubler le rendement des anciens châssis et de diminuer les prix de revient de plus de moitié. En outre, la qualité du sciage est de beaucoup supérieure à celle que l'on obtenait auparavant. Le principe de cette invention vient d'être appliqué avec succès au fil hélicoïdal.

La pierre débitée est soit expédiée directement, soit façonnée par un personnel spécial de tailleurs de pierres, sculpteurs, polisseurs, etc., sous la direction et la surveillance d'appareilleurs. Ils peuvent travailler en hiver, comme en été, dans des ateliers éclairés à l'électricité.

En vue de réduire ses frais de production, la Société a substitué à ses nombreuses machines à vapeur une station centrale électrique. M. Grégoire Wincqz fut le premier, en Belgique, qui se risqua à monter une installation électrique à courant alternatif et l'on doit rendre hommage à la perspicacité dont il fit preuve.

Une machine compound horizontale à détente Sulzer à condensation. de 350 ch, actionne directement une transmission donnant le mouvement, d'une part, à la grande scierie centrale, d'autre part, à un générateur polyphasé de 200 ch pour produire l'énergie électrique et à un générateur à courant continu de 60 ch pour l'éclairage. Des électro-moteurs actionnent tous les appareils mécaniques en usage dans les établissements : machines d'exhaure, cabestans, treuils d'extraction, scieries, ateliers de réparations, etc., etc. Une batterie de trois grands générateurs à foyers Fox et à tubes Galloway, chacun de 80 m^2 de surface de chauffe, avec économiseur Green, assure l'alimentation en vapeur de la machine centrale.

Ces carrières exploitent des pierres de même nature que celles dont nous avons parlé au sujet des carrières du Hainaut dans notre article de janvier 1903 auquel nous renvoyons pour ce qui concerne le gisement.

Hauts fourneaux de l'île d'Elbe. — Une Société, qui porte le nom d'Elba, a établi à Porto Ferrajo, dans l'île d'Elbe, une usine de hauts fourneaux, où elle a fait une intéressante application de la transmission électrique. Cette usine est en marche depuis le mois d'août 1902; on s'est appliqué à la disposer dans les meilleures conditions pour la réception des matières premières et l'expédition des produits. Le minerai provient de l'île même; il est d'excellente qualité et donne de la fonte d'une grande pureté, dont la Société s'est fait une spécialité.

La situation au bord immédiat de la mer, dans un port naturel, présente un avantage particulier lorsque les matières premières doivent arriver par voie maritime. L'ingénieur allemand bien connu, M. F. Lürmann, a calculé que, dans ces conditions, et en utilisant les gaz des hauts fourneaux, on peut obtenir une réduction de 6,90 f dans le prix de la tonne de fonte. L'introduction de la transmission de force par l'électricité est encore une nouvelle source d'économie; aussi ce mode de transmission se reproduit-il de plus en plus dans les usines de ce genre. Nous décrirons successivement et rapidement les diverses parties de l'installation.

Fours à coke. — Le coke est fabriqué dans une batterie de 104 fours, du type Fabry-Linard, dit aussi « Simplex »; ces fours sont divisés en deux groupes de 52 chacun. L'ensemble peut produire 320 t de coke par 24 heures; le coke est amené dans des wagonnets au pied du monte-charge, d'où il est déchargé dans le haut fourneau. La Compagnie va faire construire un nouveau groupe de 30 à 40 fours.

Hauts fourneaux. — L'usine comprend deux hauts fourneaux, dont chacun peut produire 200 t de fonte par jour. Les dimensions de ces appareils sont : hauteur. 22,50 m; diamètre maximum, 6,10 m; diamètre à l'ouvrage 3,05 m; diamètre au gueulard, 4,25 m.

Chaque fourneau est soufflé par une machine à vapeur de 1 200 ch et par deux souffleries de 600 ch, du système Delamare-Cockerill. Le vent arrive par six tuyaux de 0,14 m de diamètre. Le laitier est transporté à 130 m de distance, dans des wagonnets spéciaux, traînés sur une voie de 1,20 m par une locomotive électrique. On n'utilise pas actuellement ce laitier, mais on se propose de s'en servir pour la fabrication du ciment et des briques. La fonte brute est transportée au quai d'embarquement par un chemin de fer à voie de 0,80 m.

Station centrale électrique. — Cette station comporte un bâtiment en maconnerie de 67 m de longueur sur 24,40 m de largeur. Ce bâtiment ne contient que les machines, les chaudières étant en plein air, à une cinquantaine de mètres de distance.

La chambre des machines est desservie par un pont roulant de 20 t. Elle contient trois génératrices de 100 kilowatts, système Westinghouse, commandées par courroies par autant de moteurs à gaz Delamare-Deboutteville de 200 ch, produisant le courant à la tension de 250 volts.

Ces moteurs sont à un seul cylindre et à quatre temps; ils proviennent des ateliers de la Société Cockerill, et sont munis de régulateurs à air comprimé, avec une disposition spéciale qui détermine l'arrêt automatique en cas de suspension de l'alimentation d'eau. La régulation du moteur a lieu d'après le principe du tout ou rien. Les cylindres ont 0,85 m de diamètre et 1 m de course; la vitesse est de 105 tours par minute. Les volants ont 4,50 m de diamètre. La mise en train s'opère avec de la benzine, la première charge étant aspirée et comprimée par la manœuvre du moteur à bras, au moyen d'une transmission spéciale. Les moteurs occupent un côté de la chambre des machines et les dynamos l'autre côté; la distance des arbres est de 11,50 m.

Les gaz provenant des hauts fourneaux sont épurés dans un appareil Theisen actionné par un moteur Westinghouse de 5 ch, avant d'arriver aux moteurs à gaz.

Dans le même local se trouvent les machines soufflantes dont il a été question plus haut, et une dynamo Westinghouse de 200 kilowatts, tournant à 450 tours par minute, actionnée par une machine demi-fixe de Wolff tournant à 80 tours et pouvant développer de 280 à 370 ch. Le volant de cette machine a 5,30 m de diamètre. Elle a une détente réglée par le régulateur, et décharge, comme la machine soufflante de 1 200 ch, dans un condenseur à surface placé au-dessous du plancher.

Chaudières. — Les chaudières sont au nombre de six, dont trois du

type de Cornouailles, et chauffées par les gaz des fours à coke; elles proviennent de la fabrique Gilain, à Tirlemont, Belgique, et trois du type multitubulaire, construites aux ateliers Tossi, à Legnano; ces dernières sont chauffées par les gaz des hauts fourneaux, mais des grilles y sont disposées pour pouvoir y brûler du charbon.

Tableaux. — Près des unités de 100 kilowatts est disposé un tableau, fait de dix plaques de marbre blanc, et arrangé de la manière suivante : quatre panneaux pour les génératrices, soit trois pour les unités de 100 kilowatts et un pour celles de 200; un panneau de charge, trois pour les feeders doubles, et deux pour les feeders de l'éclairage. L'installation est éclairée par 40 lampes à arc et 250 lampes à incandescence de 16 bougies.

Monte-charges. — Les charges de minerai, de castine et de coke sont élevées au moyen de deux monte-charges, construits par Émile Wolff et Cie, d'Essen; ces appareils élèvent directement les wagonnets jusqu'aux trémies; ils peuvent élever, par 24 heures, 1 300 t de minerai et de combustible à la hauteur de 28,60 m, et sont actionnés par deux moteurs électriques Westinghouse de 55 ch chacun. Ces moteurs sont du type clos, employé pour les moteurs de traction, et commandent les monte-charges par des transmissions à engrenages. L'arbre de chaque moteur se termine par un pignon de 235 mm de diamètre, qui actionne par roues dentées les deux tambours sur lesquels s'enroule le câble de traction des wagonnets. La marche des tambours est réglée par des commutateurs, avec intercalation de résistances d'un type spécialement construit pour ce travail, où la vitesse n'a pas besoin d'être minutieusement réglée, et où les mécanismes sont exposées à des chocs brusques et fréquents.

Bâtiment des pompes. — L'alimentation d'eau de l'usine s'opère par des pompes centrifuges placées dans une construction de $18 \times 10,50$ m, laquelle contient quatre groupes de deux pompes, dont chacune peut élever 245 m^3 d'eau de mer par jour à une hauteur de 30 m. Une des pompes de chaque groupe aspire l'eau, tandis que l'autre la refoule dans deux réservoirs de 250 m^3 chacun. Chaque groupe de pompes est mû par un moteur électrique Westinghouse marchant normalement à 850 tours par minute.

Au moyen d'un rhéostat, on peut faire tourner ces moteurs à 890 tours et leur faire réaliser une puissance de 63 ch effectifs. Ces moteurs commandent les pompes par l'intermédiaire d'une transmission demi-élastique fournie par M. Dumont, le constructeur des pompes. L'eau ainsi élevée sert à refroidir les tuyères, à condenser la vapeur et à rafraîchir les cylindres des moteurs à gaz. L'eau douce employée à l'alimentation des chaudières est puisée par des pompes électriques et des pompes à vapeur dans un puits situé dans une vallée, à environ 4 km de distance et refoulée jusqu'à l'usine.

Jetée de déchargement et chemin de fer aérien. — La jetée qui sert au déchargement des matières premières a sa partie dans l'eau entièrement métallique, tandis que la partie qui est établie sur terre est en bois. La

partie métallique a été faite aux ateliers de Savigliano, sur les plans de la Société Ad. Bleichert et Cie, de Leipzig. Sur cette partie se trouvent, dans des cabines, trois moteurs électriques Westinghouse, du type compound multipolaire, de 50 ch, tournant à 900 tours par minute, avec un courant de 220 volts. Un de ces moteurs actionne les treuils de chemin de fer aérien, et les deux autres chacun quatre grues, dont deux grandes pour décharger le charbon et deux plus petites pour le minerai. Le moteur des treuils commande ceux-ci par courroies à raison de 45 tours par minute, vitesse que des engrenages réduisent à 6,34 tours, ce qui donne au câble de traction une vitesse de 0,75 m par seconde. Le chemin de fer conduit le minerai sur une distance de 1080 m, tandis que le combustible n'est transporté qu'à 720 m. Les moteurs qui commandent les grues ont leur vitesse réduite par les transmissions à 395 tours d'abord et ensuite à 135 tours par minute. La descente des charges s'effectue par le débrayage de la transmission et le serrage du frein.

Les grandes grues pour le combustible ont une portée de 15 m; la benne est équilibrée par un contrepoids qui la relève lorsqu'elle s'est vidée dans la trémie; elle est suspendue à un chariot qui roule sur un rail porté par le bras de la grue et déplacée par le moyen d'un câble. Les renseignements qui précèdent sont extraits de l'*Iron and Coal Trades Review*.

Le naphte dans l'Extrême-Orient. — Une note que nous trouvons dans le *Journal of the Society of Arts* représente l'Asie orientale comme une des régions du globe les plus riches en combustibles minéraux. La superficie de tous les bassins houillers en exploitation de l'Europe ne représenterait qu'un total de 60.000 km² en nombre rond, superficie égale à celle de la province russe de Kasan. L'étendue des gisements houillers dans l'Asie orientale, si elle n'a pas été reconnue jusqu'à présent, peut être considérée comme incalculable. Outre d'immenses dépôts de houille, cette contrée possède des lacs souterrains de naphte qui devront, dans un avenir prochain, être la base d'une industrie très importante. On trouve des sources de naphte presque partout, en Chine, dans la Mandchourie, dans l'Ussuri, au Japon et dans l'île de Saghalien. Cette dernière possède à la fois un très riche bassin houiller et des lacs de naphte très considérables.

Un ingénieur qui a visité les bassins houillers et les gisements de pétrole du Texas et de la Pensylvanie, a fait une exploration des sources de naphte de l'île de Saghalien et, à son retour à Bakou, a déclaré que ce qu'il avait vu aux États-Unis n'était rien à côté de ce qu'il avait pu constater à l'île de Saghalien. Les sources qui existent dans cette île, près de la rivière Nooteva, dépassent, sous tous les rapports, les sources de pétrole de Bakou, d'après un rapport de l'agent consulaire des Etats-Unis à Vladivostock. Il y aurait là sept lacs souterrains, dont le plus grand a une superficie de plus de 60 000 m².

Malgré l'accroissement de sa production propre, le Japon importe beaucoup de naphte; en 1900, il en a importé plus de 200 000 t. Ce pays promet donc un débouché considérable au naphte de l'île Saghalien. On

peut considérer, d'autre part, que cette question présente un haut intérêt pour la navigation de l'Amour et, en général, pour toute celle de l'Extrême-Orient.

Station centrale pour l'éclairage, le chauffage et la production du froid. — L'adjonction de la fabrication de la glace au fonctionnement d'une station centrale de chauffage et d'éclairage paraît intéressante. Elle a été réalisée à Gulfort, dans le Missouri, par les soins de la Société pour le développement de cette localité qui paraît s'être composée tout d'abord, suivant la pratique américaine d'un hôtel, des bureaux du chemin de fer et de quelques constructions faites dans un but commercial.

La station se compose d'un bâtiment principal, qui contient les chaudières, machines et chambres frigorifiques, lequel mesure 56 m de longueur sur 16 m de largeur, et de deux ailes plus basses renfermant l'une les bureaux et l'autre une blanchisserie; dans la partie centrale, à côté de la porte d'entrée se trouve une tour de 20 m environ de hauteur formant à la fois château d'eau et ornement; elle contient deux réservoirs d'alimentation. Les murs sont en ciment armé et la charpente en bois reposant sur des poteaux de même nature portés sur des soubassements en béton et briques. La toiture est en tuiles vernies.

La chambre des générateurs peut contenir quatre chaudières cylindriques tubulaires à retour de flamme du type marin; deux, de 150 ch chacune, sont en place actuellement; les deux autres auront 200 ch chacune, de manière que la puissance totale atteindra 700 ch. Cette chambre a environ 17 × 15.6 m; elle contient, en outre des générateurs indiqués ci-dessus, un magasin de charbon placé en face des foyers. Il y a encore deux machines d'alimentation et un réchauffeur d'eau du système Cochrane, suffisant pour une puissance de 600 ch.

Cette installation mesure 0,093 m² par cheval de puissance de chaudière, y compris les accessoires, ce qui correspond à 10,7 ch par mètre carré de superficie. La cheminée en tôle d'acier placée à l'extrémité de la chambre a 1,80 m de diamètre et 30,50 m de hauteur au-dessus du sol; elle contient une chemise en briques réfractaires qui s'étend jusqu'à 5 m du sommet et qui laisse un passage intérieur de 1,60 m de diamètre.

Des tuyaux de 0,125 m relient chaque générateur à une conduite principale de 0,305 m de diamètre suspendue dans le local parallèlement à la cloison qui sépare ce local de celui des machines; des coudes sont ménagés pour prévenir les effets des dilatation et contraction et la conduite est munie de purgeurs automatiques pour empêcher l'accumulation d'eau de condensation ou d'entraînement.

La chambre des machines a 18 × 15,6 m; elle contient actuellement une génératrice de 100 kilowatts en fonctionnement, une du même type de 225 en montage, un compresseur à ammoniaque de 25 t pour la réfrigération et la fabrication de la glace. Il y a, en outre, un générateur triphasé du type à champ tournant, de la General Electric Company et une machine à vapeur à quatre distributeurs à détente automatique de 0,400 × 0,400 m. Le voltage primaire est de 2 300 volts.

L'installation frigorifique se compose, comme on l'a déjà dit, d'un compresseur à ammoniaque mû par une machine à vapeur horizontale; les cylindres compresseurs sont verticaux; il y a l'adjonction normale de condenseurs, réfrigérants, filtres, pompes, etc., un bac pour faire la glace, deux chambres à réfrigération de 6 × 4 m et un magasin à glace de 10,5 × 5,5 m plus trois chambres réfrigérantes dans l'hôtel.

La glace est enlevée des bacs où elle se forme, par une grue, comme d'habitude, et portée dans un appareil où elle se détache du moule et passe automatiquement au magasin où on la conserve et d'où on la charge facilement sur des chars ou sur wagons.

L'installation de chauffage emploie environ 185 ch. La vapeur d'échappement de la machine de l'éclairage électrique, de la machine frigorifique et des pompes d'alimentation, passe dans une conduite générale qui l'amène à un réservoir placé à l'extérieur du bâtiment, et d'où part le réseau de distribution; la conduite se relie sur son passage à l'intérieur avec le réchauffeur d'eau d'alimentation; elle reçoit aussi un branchement amenant, en cas de besoin, de la vapeur vive provenant des chaudières avec interposition d'un réducteur de pression automatique. Le réservoir dont nous venons de parler a une section horizontale de 5 × 3,4 m avec 1,80 m de hauteur; il est en brique et couvert par de petites voûtes reposant sur des fers à double T.

A la partie inférieure est une bâche pour recevoir l'eau de condensation qui revient par différence de niveau et d'où des pompes la reprennent pour l'envoyer au réchauffeur et de là aux chaudières.

Il y a deux lignes principales de conduites de 175 mm de diamètre; l'une va à l'hôtel situé à une vingtaine de mètres du réservoir de chauffage et l'autre aux autres bâtiments dont il a été question plus haut. Si on compte 15,5 kg de vapeur par cheval et par heure, on voit qu'on peut compter sur 60 000 l de vapeur par minute en nombres ronds, ce qui donne une vitesse maxima de circulation de 20 m par seconde dans les conduites de 0,175 m. Ces tuyaux, ceux de retour d'eau, etc. sont contenus dans une tranchée qui a 0,60 m de largeur sur 0,80 de profondeur. La conduite principale est rectiligne sur 72 m de longueur; elle présente ensuite un coude à angle droit et une nouvelle partie rectiligne de 60 m, une partie courbe de 18 m et un deuxième alignement de 75 m. Elle repose sur des barres en fer rond scellées dans les parois de la tranchée et portant un tube sur lequel porte le tuyau; elle est de plus fixée au milieu des alignements de manière que les effets de dilatation et de construction se fassent sentir sur les coudes. La conduite dont il s'agit est recouverte d'une enveloppe contenant 85 0/0 de magnésie pour préserver la vapeur de chauffage du refroidissement. Ces renseignements sont extraits de l'*Engineering Record*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Février 1904.

Rapport de M. Hitier sur un ouvrage de M. Jean Brunhes intitulé : l'**Irrigation, ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la Péninsule Ibérique et dans l'Afrique du Nord.**

L'importance de la question de l'irrigation peut s'apprécier par la phrase suivante que nous rencontrons dans le rapport de M. Hitier : L'irrigation en pays aride est l'œuvre qui, par excellence, marque en traits saisissants sur la surface de la terre les résultats do l'activité persévérante de l'homme.

En Espagne, Algérie, Égypte, l'avenir d'intérêts européens considérables est lié au problème de l'irrigation. Dans ces pays, l'irrigation est même sans doute le problème économique de la plus pressante actualité. Ces citations suffisent pour faire apprécier l'intérêt de l'ouvrage dont il s'agit.

Rapport de M. Harlé sur **la sténodactyle Lafaurie.**

Il s'agit d'une machine pour sténographier mécaniquement, basée sur lo principe des machines à écrire avec un alphabet très simple. Il y a dix touches, une pour chaque doigt des deux mains; un signe correspond à chaque touche; par la combinaison de ces signes et des positions respectives pu'ils occupent, on peut noter un nombre de sons et de syllabes suffisant à la reproduction de la parole,

Notes de mécanique. — On trouve sous cette rubrique la description des installations mécaniques de la fabrique de ciment Edison, des turbines à vapeur Curtis et Riedler Stumpf, une note sur la puissance absorbée par le perçage et une sur l'adoption d'une série régulière de filetages pour les vis horlogères, par M. Berrier-Fontaine.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

3e trimestre de 1903.

Essai à outrance du pont d'Ivry, par M. Considère, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Ce pont, en béton armé, a été fait pour être l'objet d'essais à outrance dans le but de rechercher les points faibles du système de construction par frettage du béton. Il se compose de deux maitresses poutres de 20 m

de portée et 2,30 m de hauteur espacées de 2,50 m d'axe en axe. Chaque poutre comprend un entrait rectiligne et un arc parabolique supérieur, les deux pièces réunies par des montants verticaux espacés de 1,54 d'axe en axe et par des diagonales. Cet ouvrage a été établi sur un emplacement de la gare d'Ivry-Marchandises de la Compagnie d'Orléans.

Le principe de la construction était de fretter par des barres d'acier doux enroulées en hélice les pièces soumises à la compression; l'écrasement ne peut, en effet, se produire sans gonflement latéral: donc pour combattre l'écrasement, il doit suffire de combattre le gonflement; les pièces soumises à des efforts d'extension sont armées par des barres d'acier droites.

On a employé du béton de composition différente suivant les parties: ainsi le béton pour les parties frettées a un dosage de 625 kg de ciment par mètre cube de béton mis en œuvre, tandis qu'il n'y en a que 600 pour les montants et diagonales et 300 pour le plancher et les barres de contreventement.

On a chargé le pont avec des rails en commençant par 60 t pour terminer par 214, charge sous laquelle des fissures qui s'étaient manifestées à partir de 200 t ont amené une rupture et la dislocation par déversement de la membrure supérieure. L'examen du pont a indiqué que la rupture a été la conséquence d'un défaut local, la disposition défectueuse des armatures dans un montant vertical.

L'auteur conclut que cette expérience met en évidence les avantages du béton fretté dans lequel le coefficient d'utilisation du métal est, au moins, 2,4 fois plus élevé que dans les systèmes connus de construction, ce qui permet une grande économie; de plus, la ductilité du béton fretté le rend capable de supporter, sans inconvénient, de grandes déformations. Mais, à côté de ces points, on doit signaler que l'emploi du béton fretté ne se prête ni au lançage ni au montage en porte-à-faux; il exige l'usage des cintres, qui est souvent onéreux.

Note sur un pont en béton armé, sytème Hennebique, construit sur l'Aisne, à Soissons, par M. Riboud, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

C'est un pont de chemin de fer construit pour le passage de la ligne d'intérêt local de Soissons à Réthel; il est biais à 30 degrés et formé de trois arches de 24,25, 24,48 et 24,25 m d'ouverture, avec surbaissement moyen d'environ 1/10[e].

Les culées ont été fondées par épuisement sur des pieux en béton armé enfoncés par injection d'eau; il en a été de même des piles; les arcs ont été établis sur des fermes en bois portant les coffrages.

(A suivre.)

Note sur **la construction du viaduc de Fades** (ligne de Saint-Eloy à Panniat), par M. Virard, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La ligne sur laquelle est établi ce viaduc appartient au réseau de la Compagnie d'Orléans; elle relie le chemin de fer de Montluçon à Gannat à celui de Clermont à Tulle. Le viaduc se compose d'une poutre

droite continue en trois travées, ayant, d'axe en axe des appuis, 115,20, 144 et 115,20 m. Les piles, en maçonnerie, ont 92,33 m au-dessus du massif de fondation.

Le tablier métallique est composé de deux poutres de rive reliées à la partie supérieure par des pièces de pont portant la voie et par des entretoisements et des contreventements. Ces poutres, qui ont 11,80 m de hauteur, sont à petits treillis triples avec barres à section variable et montants verticaux distants d'environ 15 m.

La note donne des détails très complets sur la justification du type de l'ouvrage et sur les calculs de résistance du tablier métallique. Les travaux, en cours d'exécution, sont faits par la Société Française de Constructions mécaniques (anciens ateliers Cail).

Deux appareils nouveaux pour la mesure des déformations élastiques, par M. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ces appareils sont basés sur le principe de l'appareil Manet-Rabut; ils opèrent, l'un sur 50 mm de longueur, l'autre sur 32 mm; le premier enregistre les variations de la longueur, l'autre exige une lecture.

Le premier appareil, qui opère sur 50 mm, a une multiplication à levier de 2000; la transmission a été réalisée, pour éviter les jeux des axes, par des articulations à lames flexibles.

Le second appareil n'a pas de mécanisme à cause de la faiblesse des déplacements; on a eu recours, pour les mesurer, au procédé des interférences, en employant les franges de superposition étudiées par MM. Perot et Fabry; on peut ainsi mesurer des distances excessivement petites. Les deux appareils doivent être tarés au préalable, ce qui se fait avec une barre d'acier dont on a étudié le coefficient d'élasticité au moyen d'expériences de traction directe.

ANNALES DES MINES

11e livraison de 1903.

Rapport à M. le Ministre des Colonies sur **les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie**, par M. E. Glasser, Ingénieur des Mines *(suite)*.

12e livraison de 1903.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1901 par les Ingénieurs des Mines dans les laboratoires départementaux.

Bulletin des **accidents d'appareils à vapeur** survenus pendant l'année 1902.

Il y a eu, en 1902, 34 accidents d'appareils à vapeur, avec 23 morts et 32 blessés. Si on divise ces accidents par espèces d'appareils on trouve que les chaudières non tubulaires ont donné lieu à 10 accidents, avec

4 tués et 8 blessés, les chaudières à tubes de fumée, 16 accidents, avec 14 tués et 20 blessés, les chaudières à tubes d'eau, 3 accidents, avec 5 tués et 3 blessés, et enfin les récipients, 5 accidents, avec seulement 1 blessé. En l'absence de documents donnant le nombre de chaudières de chaque catégorie, il n'est pas possible de connaître la fréquence des accidents par nature de générateur; on voit seulement que les accidents provenant des chaudières à tubes d'eau paraissent, contrairement à ce qu'on supposait autrefois, avoir des conséquences plus graves; en effet, alors que chaque accident arrivé à une chaudière non tubulaire correspond à un chiffre moyen de 0,4 tué et 0,8 blessé, et pour une chaudière à tube à fumée à 0,87 tué et 1,25 blessé, les nombres correspondants sont, pour les chaudières à tubes d'eau, de 1,66 tué et 2,33 blessés. On a donc grandement raison de prescrire des mesures de précaution pour atténuer, dans la mesure du possible, les conséquences des accidents dans les chaudières de ce genre.

Au point de vue des causes présumées des accidents, 6 sont attribuées à des conditions défectueuses d'établissement, 17 à des conditions défectueuses d'entretien, 11 à un mauvais emploi des appareils, et 5 à des causes non précisées. Nous rappelons, comme d'habitude, que, si le total des causes est supérieur à celui des accidents, cela tient à ce que, dans plusieurs cas, l'accident a été attribué à deux causes ou même plus.

Notice sur Édouard Camenge, Ingénieur en chef honoraire des Mines, par M. L. de Launay, Ingénieur en chef des Mines.

Recherches sur **la comparaison entre les chaudières à foyers intérieurs et les chaudières à bouilleurs,** au point de vue de la sécurité, par M. Compère, Membre de la Commission centrale des machines à vapeur.

Notre collègue M. Compère, s'aidant des statistiques allemandes pour cette comparaison, trouve que l'accident de chaudières à foyer extérieur entraine la mort d'une personne, alors qu'il faut deux accidents pour produire le même résultat avec les chaudières à foyer intérieur; celles-ci seraient donc moitié moins dangereuses.

L'examen des statistiques françaises semble indiquer des résultats sensiblement égaux avec les deux systèmes de chaudières. L'auteur pense que la cause de la différence constatée en Allemagne tient à ce que le système qui donne les résultats les plus favorables au point de vue de la sécurité compte probablement le plus de chaudières de construction récente; or, les chaudières d'âge ancien doivent être tenues pour suspectes; il en résulterait qu'en somme l'âge récent et aussi la bonne construction des chaudières, en Allemagne, paraissent être les deux facteurs principaux dans la diminution du nombre des accidents. Nous espérons que M. Compère, grâce à la quantité de documents qu'il a à sa disposition, au lieu de se borner à la comparaison restreinte qui fait le sujet de cette note, étendra ses recherches à toutes les grandes classes de générateurs en usage.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINERALE

Mars 1904.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 6 février 1904.

Communication de M. Glasser sur **les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie.**

C'est un résumé du travail inséré par l'auteur dans les *Annales des Mines*. Après un aperçu sur les formations géologiques de la Nouvelle-Calédonie, M. Glasser traite la question des minerais de nickel, qui présentent le plus d'intérêt au point de vue industriel, et décrit les diverses espèces de ces minerais, dont le plus important est la garniérite, ainsi nommée, comme on sait, du nom de notre regretté collègue, Jules Garnier. La note entre dans des détails intéressants sur le mode d'exploitation des minerais, qui a lieu toujours actuellement à ciel ouvert. La colonie fournit par an environ 130 000 t de minerai, d'une valeur approximative de 5 millions de francs. Ces minerais sont exportés en Europe.

Le traitement coûte à peu près 1 f par kilogramme de métal à ajouter au prix du minerai, soit 0,60 à 0,70 f par kilogramme de ce fait. Les débouchés du nickel se chiffrent actuellement par 6 000 à 7 000 t par an, dont la moitié pour les objets en nickel pur, métal blanc et métal nickelé, et moitié pour l'acier au nickel. Ce dernier emploi est limité par les prix élevés, 3,50 f le kilogramme environ.

On ne pourrait arriver à une réduction sérieuse du prix du nickel que par la réduction du prix du minerai ou celle du fret; ce résultat ne pourrait être atteint que par la préparation du métal dans la Nouvelle-Calédonie même; c'est là l'amélioration qu'il serait le plus à désirer voir apporter aux conditions actuelles de l'exploitation des richesses minérales de cette colonie.

Production houillère du Gard et de l'Hérault pendant l'année 1903.

Le Gard a produit, en 1903, 1 869 000 t de houille, 31 600 de coke et 342 000 d'agglomérés. Sur ces chiffres, les mines de la Grand'Combe figurent pour 702 500 t de houille, 19 000 de coke et 150 000 d'agglomérés.

L'Hérault a produit 243 000 t de houille, dont les mines de Graissessac ont fourni la presque totalité, 233 000 t.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *27 Février 1904.*

Le laboratoire de mécanique de l'École polytechnique fédérale de Zürich.

Solution par la méthode graphique du problème de réglage des moteurs à vapeur, par A. Koob.

Système de chemin de fer à courant monophasé de l'Union Elektrizitäts Gesellschaft et chemin de fer d'expériences Nieder-Schöneweide-Spindlersfeld, par F. Eichberg.

Commande à retour pour machines-outils à mouvement alternatif, par H. Fischer.

Méthode de manutention du combustible pour la fabrication du gaz pour chauffage ou force motrice, par Jahns.

Les tensions de la vapeur d'eau au-dessus de 100 degrés, par H. F. Wiebe.

Groupe de Berlin. — Le chemin de fer métropolitain de Paris.

Groupe de Francfort. — Les conséquences du manque d'eau dans les chaudières et les moyens d'y remédier.

Groupe de Hanovre. — L'importation des minerais de fer étrangers pour l'industrie métallurgique allemande.

Bibliographie. — Le développement de l'industrie de l'extraction de la houille dans les provinces du Rhin et la Westphalie dans la seconde moitié du XIX[e] siècle. — Au cœur de l'Asie, par Sven von Hedin.

Revue. — Les usines de Lackawanna Steel Company. — Développement du port de Hambourg.

N° 10. — *5 Mars 1904.*

Calcul des lumières dans les machines à vapeur, par M. F. Gutermuth.

Moulins à sel de la Société Alexandershall à Berka-sur-Werra, installation construite par Amme, Giesecke et Konegen, à Brunswick.

Puissante locomotive à marchandises de l'Atchison Topeka et Santa-Fé R. R. par Metzeltin.

Les élévateurs à grains, par M. Buhle *(fin).*

Aperçu sur la théorie de l'écoulement de la vapeur par des orifices, par Prandt et Proell.

Réglements concernant les frais d'épreuve et de surveillance des installations électriques, appareils à vapeur, ascenseurs, etc.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Construction des réservoirs.

Groupe de Hambourg. — Pratique de la conduite des chaudières. — Caractères des tôles d'acier.

Bibliographie. — Manuel du mineur, par H. Hofer.

Revue. — Installations électriques des nouveaux cuirassés américains *Connecticut* et *Louisiana*.

N° 11. — *12 Mars 1904.*

Installations mécaniques des entrepôts Hermann Tietz, à Berlin, par W. Küppers.

Solution par la méthode graphique du problème de réglage des moteur à vapeurs, par A. Koob *(suite)*.

La transmission de la chaleur par les surfaces de chauffe des chaudières, par P. Fuchs.

Expériences sur la résistance de l'acier coulé aux températures ordinaires et aux températures plus élevées, par C. Bach.

Groupe de Dresde. — Mesures de police contre la suie et la fumée à Dresde.

Groupe de Cologne. — Transmission de la chaleur par les surfaces de chauffe des chaudières.

Groupe du Rhin inférieur. — Nouveau système de presse-étoupes.

Bibliographie. — Manuel d'électrotechnique avec application à l'exploitation des mines, par E. Gerland.

Revue. — Développement de la traction électrique sur les chemins de fer à voie normale en Italie. — Traction électrique sur les lignes de banlieue en Angleterre. — Les ponts de Williamsburg et de Manhattan, à New-York.

N° 12. — *19 Mars 1904.*

Construction des locomotives en Amérique, par Fuchs.

Solution par la méthode graphique du problème du réglage des moteurs à vapeur, par A. Koob *(fin)*.

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par Fr. Ruppert *(suite)*.

Voiture automotrice pour poids lourds de la Neuen-Automobile Gesellschaft, à Berlin.

Groupe de Carlsruhe. — Freins pour appareils de levage.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Installations pour l'air comprimé aux chantiers impériaux à Kiel.

Bibliographie. — La turbine à vapeur et la question des moteurs techniques, par A. Stodola. — Europe et Amérique, par J. H. West.

Revue. — L'incendie de Baltimore. — Production du fer par voie électrique. — Septième Congrès pour la protection de la propriété industrielle.

N° 13. — *26 Mars 1904.*

Mode d'action des tambours de polissage à billes notamment dans les fabriques de tubes métalliques, par H. Fischer.

Procédé pour relever des diagrammes rapportés au temps avec les indicateurs ordinaires, par W. Schüle.

La construction des locomotives en Amérique, par Fuchs *(suite)*.
Alimentation d'eau de la station de Halensee, par M. Buhle.
Machine à fraiser pour faire les rainures de clavettes, construite par la fabrique saxone de machines, précédemment Rich. Hartmann.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Répulsion et rotation électrodynamiques.

Groupe de Hanovre. — Enlèvement des poussières et des limailles dans les ateliers.

Groupe de Lausitz. — Moteurs à alcool. — Tôles pour chaudières à haute teneur en phosphore.

Revue. — Congrès international du génie civil à l'Exposition de Saint-Louis. — Grue flottante à l'arsenal du gouvernement à New-York. — Wagons à marchandises de grande capacité. — Soupape équilibrée de Green.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau de France, Algérie, Tunisie, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg (1), par MM. le docteur Imbeaux, capitaine Hoc, Van Lint et Peter.

Cet annuaire, qui parait pour la première fois, est entièrement dû à l'initiative privée. Il a pour but d'établir la situation des pays de langue française au point de vue de l'alimentation en eau. Il est à peine besoin de signaler l'importance de la question, principalement en ce qui concerne l'hygiène.

Après l'exposé des règles sommaires pour l'appréciation d'une distribution d'eau urbaine, les auteurs donnent, pour toutes les villes de plus de 5 000 habitants et pour bon nombre de localités plus petites, par ordre alphabétique et par département pour la France, un certain nombre de renseignements tels que : provenance, mode d'épuration, d'élévation, d'emmagasinement, distribution, volume consommé et prix de vente, composition chimique et bactériologique, maladies attribuées à l'usage des eaux, évacuation des eaux usées et projets à l'étude. A ces documents sont joints ceux qui concernent la population des localités et quelfois le nombre de ses maisons.

Cet ouvrage nous parait devoir rendre de réels services, mais, comme le demande d'ailleurs l'éditeur, il faut lui faire crédit, la première édition présentant des lacunes dont la plus importante peut-être est la publication en allemand seul des documents relatifs aux pays de langue allemande (on pourra trouver étrange que Genève soit compris dans cette catégorie) ; on en donne pour explication qu'on a tenu à ce que les habitants des villes où on parle allemand puissent lire les monographies dans leur langue maternelle. Sans discuter le bien fondé de ce desideratum, nous nous contentons de prendre acte de la promesse faite dans l'introduction que, dans les futures éditions, la traduction française sera donnée en regard du texte allemand. Sous ces réserves, nous ne pouvons que souhaiter bon succès à cette entreprise qui parait tout à fait digne d'encouragement, car elle met à la disposition des nombreuses personnes que les questions de distribution d'eau intéressent des documents qu'on ne saurait autrement se procurer qu'à grand'peine.

A. Mallet.

(1) In-8°, 225 × 150 de L-1738 pages. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix : broché, 25 f.

Théorie simple et rationnelle des voûtes (1),
par J.-B. Goudin.

Ce petit ouvrage forme la suite de la brochure publiée par le même auteur sous le titre : *Études comparatives sur la poussée des terres et les murs de soutènement.*

Dans l'étude actuelle, M. Goudin s'est attaché à établir une théorie simple pour le calcul des voûtes en diminuant l'empirisme des méthodes encore appliquées jusqu'à présent.

La théorie des voûtes est encore très obscure. On sait que, pour établir l'épure d'une voûte, on commence par donner *a priori* les diverses épaisseurs, puis, à l'aide du calcul de la poussée à la clef, on vérifie *ensuite* la stabilité. Si cette vérification ne donne pas de bons résultats, on modifie les épaisseurs que l'on avait adoptées, jusqu'à ce que l'on trouve, grâce à ces tâtonnements successifs, une stabilité satisfaisante.

Ce procédé n'a rien de réellement scientifique. Le travail de M. Goudin permet, dans une certaine mesure, de diminuer ces tâtonnements et, à ce titre, il réalise un progrès sensible. Il permet de déterminer d'une façon plus précise la position des points d'application des pressions agissant sur les joints de clé et de naissance, points variables suivant la surcharge et le surbaissement, et non plus fixes comme dans les anciennes méthodes.

Il s'ensuit que le tracé de la courbe des pressions se fait d'une manière plus rigoureuse, et, d'après les exemples donnés dans l'ouvrage, les épaisseurs calculées d'une façon moins empirique donnent des résultats plus précis permettant, suivant les cas, d'arriver à une économie de matière.

Il y a donc là une tentative très intéressante qui mérite d'être signalée.

Georges Courtois.

IIIe SECTION

Le graissage industriel, par MM. Tètedoux et G. Franche (2).

Dans cet ouvrage, les auteurs se sont principalement attachés à la description des principaux types de graisseurs actuellement employés, et même de leurs prédécesseurs, de manière à constituer une sorte d'histoire de ces appareils, dans laquelle on rencontre bon nombre de curiosités. A côté de cette partie purement descriptive, le chapitre intitulé « Précautions contre les accidents » donne quelques conseils sur les précautions, élémentaires il est vrai, mais trop souvent oubliées, à prendre contre les dangers auxquels sont exposés les ouvriers appelés à entretenir le graissage sur des appareils en marche.

(1) In-8°, 225 × 140, de 102 p. avec 1 pl. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903 : Prix : broché, 3 francs.

(2) In-8°, 250 × 165 de 216 pages, avec 134 figures. Paris, E. Bernard, 1904. Prix : broché, 6 f.

Les figures sont nombreuses et les descriptions très claires, de manière à pouvoir être comprises facilement par les lecteurs le moins au courant de la question, qualités assez rares pour qu'on les signale avec félicitations aux auteurs.

G. R.

Les régulateurs des machines à vapeur, par M. Lecornu, Ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École supérieure des Mines (1).

Il est inutile d'insister sur l'importance du régulateur dans toutes les machines motrices, hydrauliques, à gaz ou à vapeur; et cette importance n'a fait que s'accroître depuis l'établissement des stations électriques, qui exigent de leurs moteurs une régularité parfaite dans des circonstances très difficiles. On ne saurait donc trop féliciter M. Lecornu d'avoir consacré à l'étude des régulateurs un travail aussi important.

Ce remarquable ouvrage, reproduction d'une série d'articles publiés de 1899 à 1903, par la *Revue de Mécanique*, est, à notre connaissance du moins, le travail d'ensemble le plus complet que nous possédions sur cette importante question des régulateurs et, par cela, je veux dire, non seulement qu'il renferme la description d'un grand nombre de régulateurs des plus modernes, mais qu'il en analyse la marche, développe et discute la théorie d'une façon ingénieuse, élégante et approfondie, qui fait, de l'ouvrage de M. Lecornu, un véritable livre de fond indispensable aux mécaniciens.

L'ouvrage de M. Lecornu se divise en deux parties : la *cinématique* et la *dynamique* du régulateur; et c'est dans la seconde partie, de beaucoup la plus difficile à traiter, que se trouvent les parties les plus originales du livre : la théorie personnelle de l'auteur et l'examen des différentes théories proposées antérieurement.

L'ouvrage se termine par la discussion de quelques expériences sur différents types de régulateurs, dont les résultats complètent heureusement les développements théoriques qui, d'autre part, permettent d'interpréter ces expériences avec précision.

G. R.

The Mechanical Engineer's Reference Book (2), par Henry Harrison Suplee. J. B. Lippincott Company, éditeur, Philadelphie et Londres, 1904.

Notre Collègue, M. H. H. Suplee, rédacteur du journal *The Engineering Magazine* a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société l'ouvrage dont le titre est en tête de cette notice et qu'il vient de faire paraître. C'est un volume de petit format mais contenant dans ses huit cents et quelques pages une énorme quantité de documents utiles.

(1) In-4°, 320 × 225 de 314 pages, avec 277 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 12,50 f.

(2) In-8°, 170 × 100 de XII-834-24 p., avec fig. Philadelphia and London, J. B. Lippincott Company, 1904.

Le titre d'Aide-Mémoire de l'Ingénieur-Mécanicien est, à notre avis, un peu trop restreint, car cet ouvrage donne beaucoup de renseignements utiles pour d'autres spécialités, notamment ce qui touche aux mathématiques, à la mécanique, la statique graphique, etc. Un point que nous sommes heureux de signaler est qu'un certain nombre de tables sont données à la fois avec les mesures métriques et les mesures anglaises, c'est là un symptôme qui a son importance en ce moment où la question de l'introduction du système métrique en Angleterre et aux États-Unis est tout à fait d'actualité. Bien que l'usage de cet aide-mémoire exige la connaissance de la langue anglaise, nous tenons à le signaler à nos Collègues dont quelques-uns au moins pourront le consulter avec profit.

A. M.

Thermodynamique. — I. *Notions fondamentales*, par M. L. Marchis, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Bordeaux (1).

Ce petit ouvrage, qui fait partie de la bibliothèque de l'élève-ingénieur, excellent pour cet élève en raison de son extrême clarté, présente un grand intérêt même pour pas mal d'Ingénieurs qui ne sont pas toujours au courant autant qu'il le faudrait des principes fondamentaux de la thermodynamique; ignorance qui se traduit, plus souvent qu'on ne le croirait, par des inventions de mouvements perpétuels thermiques.

La lecture de l'ouvrage de M. Marchis est des plus faciles; elle n'exige que des connaissances mathématiques tout à fait élémentaires; nous ne saurions trop la recommander.

G. R.

IVe SECTION

Étude des eaux courantes souterraines (eaux alimentaires en régions calcaires) par l'emploi des matières colorantes (fluorescéine) (2).

La Société belge de Géologie, Paléontologie et Hydrologie vient de publier une brochure appelée à rendre de grands services à tous ceux qui s'occupent d'hydrologie. On sait que, pour déterminer la direction et la vitesse des courants souterrains, on emploie, de préférence à toute autre matière colorante, la fluorescéine; mais dans ces derniers temps on a mis en doute la valeur de cette substance au point de vue des renseignements qu'elle pouvait fournir sur la vitesse d'écoulement des eaux. Sur l'initiative de son zélé secrétaire général, M. Ern. Van den Brœck, la Société belge de Géologie a mis l'étude de cette question à l'ordre du jour de ses séances. Ce sont les communications faites à ce sujet, et les discussions auxquelles elles ont donné lieu, qui ont été recueillies et publiées dans la brochure en question. On y trouvera des

(1) In-8° de 176 pages. Paris, Gauthier-Villars. Prix : 5 f.

(2) In-8°, 245 × 165 de 397 pages. Bruxelles, Hayez, avril 1904.

renseignements sur des expériences faites à la fluorescéine dans des calcaires d'âges différents et dans des conditions très diverses, de telle sorte que l'on peut dire que l'on a un vrai répertoire de l'étude des courants souterrains. Au milieu de tant de documents, il serait difficile de se faire une idée exacte de l'état de la question, si MM. H. Rabozée et Edm. Rahir n'avaient publié, au nom d'une Commission nommée à cet effet, un résumé donnant les points acquis au cours de cette étude.

BERGERON.

Notes sur la fonderie de fer (1), par M. BOITEUX.

M. Boiteux est l'auteur d'un opuscule sur la fonderie de fer qu'il est intéressant de signaler aux praticiens. L'auteur désigne modestement ce travail sous le nom de simples notes, parce qu'il s'attache à peu près exclusivement à la description de la technique de la fonderie de fer, en écartant les considérations théoriques qu'on trouve dans les traités de métallurgie; mais son ouvrage n'en présente pas moins un intérêt tout particulier pour les débutants qui y trouveront une infinité de renseignements pratiques de grande valeur.

C'est réellement le travail d'un praticien exercé, qui a tenu à faire profiter ses lecteurs de sa grande expérience professionnelle remontant à trente années, et qui leur décrit avec un soin minutieux les procédés appliqués, les appareils employés avec les perfectionnements les plus récents.

L'ouvrage comporte quatre chapitres étudiant successivement la nature et la composition des fontes, puis les appareils de fonderie, comme les cubilots, les ventilateurs, ensuite les combustibles et les matériaux employés, comme les cokes et les sables de moulage, et décrivant enfin l'opération elle-même avec tous les détails, les tours de main, les précautions diverses qu'elle peut comporter suivant les cas.

Dans le chapitre Ier consacré à l'étude du métal, l'auteur indique les différentes natures de fonte qu'il convient d'employer, le classement dont elles sont l'objet, les diverses propriétés physiques qu'elles présentent suivant leur nature et leur provenance, il rappelle les données caractéristiques de chacune d'elles, en distinguant les fontes anglaises de Middlesborough, du Lincolnshire, les fontes hématites du Cumberland et du Cleveland, les fontes écossaises, les fontes de Suède, les fontes françaises et spécialement celles du bassin de Longwy, et il termine en étudiant l'influence du silicium sur l'état du carbone dans les fontes, laquelle a été appliquée si heureusement, comme on sait, pour permettre la transformation de la fonte blanche en fonte grise; il signale enfin l'influence des autres corps étrangers, carbone, manganèse, phosphore, soufre et arsenic.

Ces données sont résumées d'ailleurs dans une série de tableaux numériques reportés à la fin de l'ouvrage.

Le chapitre II, qui est consacré aux appareils employés dans la fon-

(1) In-8°, 245 × 160 de 83 p., avec fig., pl., tables et tableaux. Frameries, Dufrane-Friart. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix broché : 6 f.

derie, renferme d'abord la description avec planche à l'appui de quinze profils ou croquis de types divers de cubilots, et il fait ressortir l'influence des tracés sur la consommation du coke.

Il signale, en particulier, le cubilot d'étude de l'École d'Arts et Métiers d'Angers, et quelques types particulièrement récents, comme le cubilot Herbertz à combustion lente qui emploie un jet de vapeur pour supprimer le ventilateur, les deux types analogues Hamélius et Greiner qui se préoccupent tous deux d'assurer la combustion complète de l'oxyde de carbone dans la cuve, et enfin le curieux four imaginé par M. Ibrugger dans le but d'éviter le contact de la fonte en fusion avec le coke incandescent.

Il montre que le cubilot n'est pas simplement un appareil destiné à produire de la chaleur, mais qu'il exerce aussi son influence sur la nature de la fonte obtenue; il a, en un mot, son rôle chimique dont il convient de se préoccuper.

L'auteur étudie, du reste, à ce point de vue, la composition de la castine et du laitier, celle des garnitures réfractaires, les dispositions à donner aux tuyères.

Il termine enfin par l'étude comparée de divers types de ventilateurs employés en fonderie.

Le chapitre III est consacré à l'étude des cokes et des sables de moulage; il indique les qualités physiques et chimiques à rechercher, les défauts à éviter. Il montre l'influence de la finesse des sables, et décrit les procédés de préparation employés pour obtenir la finesse cherchée, ainsi que les divers types de broyeurs à meules, à boulets, à sphères creuses, etc. Il termine par l'étude des noirs employés en fonderie, en distinguant les noirs de houille et de charbon de bois, et signalant enfin la préparation du noir d'étuve.

Le chapitre IV est consacré à l'étude des procédés de coulage à adopter pour obtenir des fontes sans soufflures; il décrit l'extracteur Schneider.

Il étudie les procédés d'émaillage de la fonte et s'attache enfin aux tuyaux de grandes dimensions dont il décrit les procédés de coulage et d'asphaltage les plus récents.

L'ouvrage est complété enfin par une série de tableaux consacrés aux tuyaux dont ils indiquent les dimensions pratiques avec celles de leurs raccords.

L. Baclé.

Traité des gisements métallifères (1), par le Dr Richard Beck, professeur à l'Académie Royale de Freiberg. Traduit sur la seconde édition par O. Chemin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. Ch. Béranger, éditeur, 15, rue des Saints-Pères, Paris.

L'étude scientifique et méthodique des gisements métallifères est de date récente. On peut dire qu'elle a débuté avec les beaux travaux de Daubrée sur les formations filoniennes dues à l'action d'eaux ther-

(1) In-8° 250 × 160, de II-808 pages, avec 257 fig. Paris, Ch. Béranger, 1904, prix relié : 30 francs.

males et minéralisées. Elle a fait ensuite un pas gigantesque, en 1893, quand la publication du traité du professeur de Przibram, F. Posepny, sur la genèse des dépôts de minerais — *Uber die Genesis der Erzlagerstätten* — provoqua ce magnifique élan des ingénieurs et géologues américains, élan qui dure encore et qui a contribué à établir sur des bases solides et pratiques l'intéressant problème de la recherche des minerais et de leurs origines.

Toutes les études faites depuis le commencement du XIXe siècle sur les gîtes métallifères ont eu pour objet soit de les classer selon leurs caractères physiques — forme, position, arrangement, etc. — soit d'élaborer des théories chimiques sur leur mode de formation, soit enfin d'établir une classification purement génétique.

Certains auteurs voudraient établir une classification empirique à l'usage des mineurs et des prospecteurs, d'autres cherchent à faire rentrer les gisements métallifères dans les limites de la géologie générale, d'autres enfin édifient une classification trop théorique qui ne satisfait ni les géologues ni les ingénieurs.

Il est évident qu'une classification génétique est plus naturelle; elle ne peut pas, il est vrai, être renfermée dans les limites précises d'un tableau bien dressé, avec divisions, subdivisions, etc., mais elle catalogue des monographies minières sérieuses, recueillies en tous points du globe, et se rapportant à la formation des gisements, à leurs relations avec les roches voisines, sédimentaires et éruptives, aux actions physiques, chimiques et électrolytiques qui ont procédé à leur genèse, etc.

C'est cette accumulation de documents précis qui doit servir de guide aux mineurs et non l'énonciation de doctrines théoriques, souvent trompeuses ou sans valeur, qui peuvent séduire l'étudiant et l'homme de cabinet, mais qui ne sont d'aucune utilité pratique pour le mineur.

M. Richard Beck, qui a succédé au professeur Stelzner, dans sa chaire de Freiberg, a entrepris la tâche de mettre au niveau des connaissances actuelles le célèbre traité des *Gîtes métallifères*, publié par Groddeck en 1879. Il a établi une classification des gisements, conformément aux idées nouvelles le plus généralement acceptées. Quoiqu'il ait fait quelques emprunts à des monographies de mines américaines, espagnoles et autres, il présente surtout, et comme il peut convenir d'ailleurs en un cours destiné à des étudiants allemands, un exposé de la science allemande sur la théorie et la description des formations filoniennes, d'après les représentants les plus autorisés de l'école de Freiberg: Werner, Cotta, Lettner, Groddeck, Stelzner, etc.

Il est certain que, depuis le dix-huitième siècle, l'école de Freiberg a imposé ses théories et sa méthode; mais le développement considérable des industries minières aux Etats-Unis et la multiplicité des faits nouveaux ont modifié notablement la science des filons. Aujourd'hui, les théories des géologues de Freiberg, si longtemps classiques même dans nos propres écoles, ont fait place à une science moins fermée, à envergure plus vaste, à idées plus pratiques, et qu'on ne peut plus contenir dans l'antique et étroite classification allemande.

Dans son traité, M. Beck adopte la classification générale des *gisements primaires* et *gisements secondaires*.

Les premiers se sont produits en même temps que la roche encaissante *(syngénétiques)* ou postérieurement à celle-ci *(épigénétiques)*.

Les seconds proviennent du remaniement des gisements primaires.

Les gîtes primaires syngénétiques sont divisés en :

1° *Sécrétions magmatiques ;*

2° *Sédiments.*

Les gîtes primaires épigénétiques comprennent :

1° Les *filons métallifères ;*

2° Les *gîtes en couches, en amas, ou résultant d'actions métamorphiques de contact.*

Les gisements secondaires sont divisés en *gîtes anciens* et *gîtes récents.* Parmi les anciens sont compris les gisements détritiques d'or, de fer et certains dépôts de minerais de plomb et de cuivre.

Les gisements détritiques récents sont les dépôts alluvionnaires d'or, de platine, d'étain et de fer.

Dans l'étude générale des filons métallifères, M. Beck mentionne quelques particularités qui présentent un certain intérêt. Telles sont les suivantes :

1° La manière dont se terminent les filons lesquels, tout naturellement, s'arrêtent forcément en profondeur là où cesse la clasticité de la roche encaissante ;

2° Les causes de la formation des fentes de contraction, de dilatation, d'effondrement, de plissement, de pression, ainsi que leur mode de remplissage ;

3° La paragenèse des minerais, ou leur association fréquente dans les filons, comme blende et galène, fer et manganèse, cobalt et nickel, sulfures complexes et or, etc. ;

4° Les modifications et l'ordre de succession des minerais en profondeur ;

5° L'influence de la roche encaissante, des failles et des croisements sur la richesse et la répartition des minerais. Cette influence est constatée, mais n'est pas expliquée, parce qu'elle dépend d'une foule de circonstances : actions thermiques, mécaniques, électriques, porosité, dureté, conductibilité des roches, etc. ;

6° L'influence du passage des matières minéralisées à travers la fente filonienne sur la roche encaissante ; ce que nous appelons le *métamorphisme.*

On pourrait citer bien d'autres particularités qui sont étudiées sinon élucidées par M. Beck, et dont l'ensemble constitue un intéressant cours des gîtes métallifères.

L'ouvrage comporte d'excellentes monographies de mines allemandes, suédoises et norvégiennes dont un certain nombre ont été visitées par l'auteur qui en a fait l'objet de rapports spéciaux.

Paul-F. Chalon.

Vᵉ SECTION

Essais des combustibles, par M. Sidersky, Ingénieur-chimiste (1).

L'importance que présente cet ouvrage de M. Sidersky n'échappera à aucune des personnes au courant de l'extension qu'a prise l'analyse des combustibles, surtout depuis l'introduction, dans les essais industriels, de la détermination directe du pouvoir calorifique.

L'auteur a divisé son travail en deux parties.

Dans la première, après un exposé de la classification des combustibles, des qualités à exiger d'une houille destinée à l'industrie, du mode de prélèvement des échantillons, il consacre des chapitres spéciaux à l'analyse chimique industrielle des combustibles, à l'analyse et à la fusibilité des cendres et à l'analyse élémentaire de ces combustibles.

Dans le deuxième, il examine le pouvoir calorifique et les différentes méthodes et expériences calorimétriques pour le déterminer : il donne la description des différents calorimètres, la bombe classique de Berthelot, le calorimètre ou obus de Malher, et les modifications qui y ont été apportées par les Allemands, le calorimètre Krœker, le calorimètre américain de Parr et ceux de Hartley et de Darling.

Il termine cette partie par une série de formules proposées pour le calcul indirect du pouvoir calorifique.

Enfin, dans une annexe, l'auteur présente quelques tableaux numériques donnant le pouvoir calorifique de tous les combustibles usités et de certains corps organiques, ainsi que quelques notes sur le calcul de la quantité d'air nécessaire à la combustion, ainsi que sur les pertes de chaleur et le chauffage des chaudières.

Cet ouvrage est donc appelé à rendre des services aux ingénieurs et aux chimistes s'occupant des combustibles, aussi bien qu'aux industriels qui les emploient.

A. Moreau.

Essais des matériaux hydrauliques par M. Le Chatelier, Ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines et au Collège de France (2).

L'ouvrage de l'éminent Ingénieur, M. Le Chatelier, présente un très grand intérêt aussi bien pour les consommateurs que pour les fabricants de produits hydrauliques.

Autrefois on se contentait de la garantie offerte par la renommée de certaines fabriques; mais, depuis un certain nombre d'années, les grandes administrations de l'État et des grandes compagnies ont pris l'habitude de soumettre les matériaux hydrauliques à une série d'essais dits de réception. Ces essais, faits d'après le mode opératoire indiqué par la com-

(1) In-8° 190 × 120, de 186 pages. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cⁱᵉ, 1904, prix broché 2 fr. 50.

(2) In-8° 190 × 120, de 160 pages. Paris, Gauthier-Villars, Masson et Cⁱᵉ, 1904, prix broché, 2 fr. 50.

mission française des Méthodes d'essais, sont très précis, mais présentent certains détails d'une exécution difficile et dont l'utilité n'est pas toujours indispensable; ils ne conviennent donc qu'aux laboratoires des grandes administrations montés avec beaucoup de frais.

Pourtant le consommateur ordinaire a également grand intérêt à pouvoir faire, sur les chantiers mêmes, des essais simples qui, en cas de désaccord avec le fabricant, pourront être invoqués par lui d'une façon efficace.

Toutes ces raisons ont amené l'auteur, après avoir décrit d'une façon sommaire, mais très claire, les différents essais officiels, à signaler les modifications et simplifications qu'on pourrait y apporter afin de les rendre pratiques sur tous les chantiers.

Le fabricant y trouvera aussi son intérêt; d'abord parce que de ces essais dépend la réception ou le rejet de ses produits, et ensuite parce qu'il peut en résulter une orientation spéciale de la fabrication dans une direction déterminée dépendant des conditions à lui imposées.

En résumé, cet excellent ouvrage pourra être fructueusement consulté aussi bien par ceux qui emploient que par ceux qui fabriquent les produits hydrauliques. Ils y trouveront, en outre, une classification méthodique de ces produits au point de vue de leurs propriétés liantes, les causes de leur destruction, leurs qualités, etc., toutes choses précieuses dans la pratique courante.

A. Moreau.

Les moteurs à gaz et à pétrole, par M. Aimé Witz.

Le second volume de ce remarquable traité, annoncé par son auteur lors de la publication du premier en 1903, vient de paraître, et nous pensons être utile à nos lecteurs en leur présentant, comme à cette époque, un compte rendu sommaire.

Cette seconde partie comporte huit chapitres faisant suite aux sept précédents renfermés dans le premier volume.

Dans les quatre premiers (VIII à XII), l'auteur passe en revue tous les moteurs actuellement connus et donne une monographie :

Chapitre VIII : des moteurs à explosion sans compression du premier type (Lenoir, Bisschop, Bénier, Forest, Economic Motor, François, Bentz).

Chapitre IX : des moteurs à explosion avec compression du deuxième type, des moteurs à deux temps, genre Clerk, à quatre temps, genre Otto, à quatre temps à détente complète (Atkinson, Niel, Charon, Lossignol et Heynen, Catteau, Forest (1891), Letombe, Petot).

Des moteurs à double effet (Letombe, Duplex, Otto, de Nuremberg, Cockerill, Cail).

Des moteurs compound (Wertenbruch, Roser, Mazurier, Genty).

Des moteurs à six temps, genre Griffin (Griffin, Rollarson, Garnier).

Le chapitre X est consacré aux moteurs à compression et à combustion (Gardie, Crowe, Vermand).

Le chapitre XI aux principaux moteurs atmosphériques et à rotation (atmosphériques : Vermand, Aubert; rotatifs : Gauthier et Wehrlé;

épicycloïdal : A.-G. Beetz, Vernet, Auriol, Chaudun, Gardner, Sanderson, Warmont).

Le chapitre XII s'occupe spécialement des principaux moteurs à pétrole : Brayton, Priestmann, Otto, Crossby, Hornsby-Okroyd, Capitaine, Ragot, Grob, Swiderski, Niel, Merlin, Japy, Trusty, Griffin, Root, Fielding, Tangye, etc.

Dans le chapitre XIII, l'auteur aborde l'étude comparative des éléments de construction des moteurs : la distribution et l'allumage, le réglage de la vitesse, les cylindres et pistons, les arbres, volants, bâtis, les appareils de mise en train, et enfin les appareils de graissage.

L'installation et la conduite des moteurs font l'objet du chapitre XIV. On y traite des fondations, des tuyauteries et canalisations, des transmissions, manchons et accouplements, de la conduite en général et de l'entretien des moteurs.

Enfin, le dernier chapitre passe en revue les nombreuses applications des moteurs à gaz et à pétrole à la petite et à la grande industrie, aux stations d'électricité et aux industries diverses : élévations d'eau, pompes, machines à scier le bois, appareils de levage, marteaux-pilons, locomobiles, appareils de traction, propulsion des bateaux.

Nous croyons pouvoir affirmer, en terminant, que le lecteur se trouvera, en lisant cet ouvrage, devant le traité le plus complet et le plus remarquable qu'on ait fait sur la matière à ce jour. Personne n'en sera d'ailleurs surpris quand on se rappellera qu'il est signé de ce maître dont la réputation de spécialiste est universelle et qui porte le nom de Witz.

A. Moreau.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,
A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 7516-4-04. — (Encre Lorilleux).

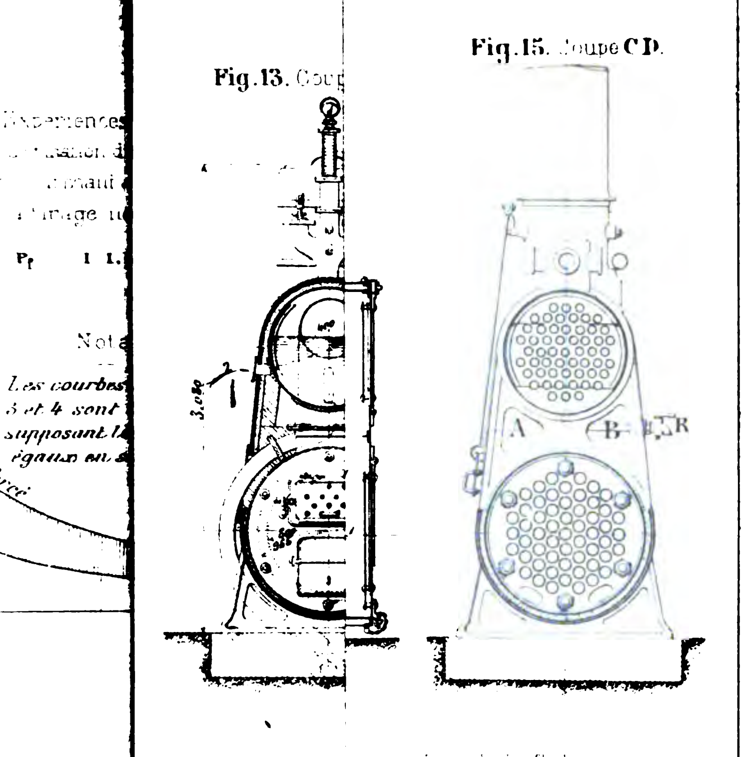
P_1

3 et 4

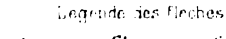
supposa

égaux

force



Légende des flèches



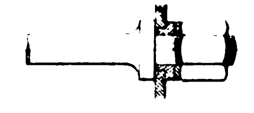
Flamme et fumée
Mouvement de l'eau
Mouvement de la vapeur
Air

Légende

Surface de chauffe tota
Surface de chauffe tota
Surface totale de l'ap
Surface de la grille suiva
Section de la chemin
Section totale du faisc
Section totale des tubes
Section des passages A
Section totale du sécl
Hauteur de la chemin
Nombre de tubes du
Nombre de tubes du s
Diamètre intérieur des tu
Diamètre intérieur des tu
Production totale de
Production par heure et
Timbre 6K% soit
Force en chevaux Mac
Mac
Consommation maximum
à 5% de cendre par h
Consommation de houille
même temps.
Poids total approxima
N.B. La longueur de g
réduite à 25% en moyenne
on 7% de cendre il faudra

Coupe et plan du déjecteur

Joint des plaques tubulaires



Assemblage des viroles du foyer



I. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1904

N° 4.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois d'avril 1904, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Agriculture.

BAROIS (J.). — *Les irrigations en Égypte*, par Julien Barois (in-8°, 285 × 190 de IV-386 p., avec 87 fig. et 17 pl.). Paris, Ch. Béranger, 1904. (Don de l'éditeur.) 43222

Chemins de fer et Tramways.

AUER (E.). — *Ueber Generalabonnemente für Teilgebiete des schweizerischen Eisenbahnnetzes mit Einbezug einiger Seen.* Nach einem Vortrage des Herrn Ingenieur E. Auer, gehalten am 25 November 1903 (in-8°, 200 × 135 de 63 p., avec 5 pl.). Bern, Neukomm und Zimmermann. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43223

Congrès international de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local. Vienne 11-15 septembre 1904. Treizième assemblée générale de l'Union. Réponses au questionnaire. (Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local) (in-4°, 325 × 205 de 280 p.). Bruxelles, Imprimerie Tr. Rein. (Don du Secrétariat général du Congrès.) 43230

SCHOELLER (A.). — *La locomotive compound*, avec une planche coloriée à feuillets découpés et superposés, par A. Schoeller (in-4°, 340 × 220 de 19 p.). Paris, Schleicher frères et Cie. (Don de l'éditeur.) 43217

Chimie.

BRAUN (G. et Ad. fils). — *Dictionnaire de chimie photographique, à l'usage des professionnels et des amateurs*, par G. et Ad. Braun fils. *Deuxième fascicule. Argent-Camphre.* (Bibliothèque photographique) (in-8°, 255 × 165, pages 65 à 128). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43208

BRAUN (G. et Ad. fils). — *Dictionnaire de chimie photographique, à l'usage des professionnels et des amateurs*, par G. et Ad. Braun fils. *Troisième fascicule. Caoutchouc-Collodion.* (Bibliothèque photographique) (in-8°, 255 × 165, pages 129 à 192). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43225

MORTILLET (L. DE). — *Les amalgames et leurs applications*, par Léon de Mortillet. (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 103) (in-8°, 250 × 165 de 52 p.). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 43211

Construction des Machines.

LECORNU (L.). — *Les régulateurs des machines à vapeur*, par L. Lecornu. (Extraits de la Revue de Mécanique. Années 1899, 1900, 1901, 1902 et 1903) (in-4°, 320 × 225 de 314 p., avec 277 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43184 *bis*

RIEDLER (Dr A.). — *Ueber Dampfturbinen. Vortrag gehalten in der Sitzung der Schiffbautechnischen Gesellschaft am 19. November 1903*, von Prof. Dr A. Riedler (in-8°, 270 × 195 de 59 p., avec 41 fig.). (Don de l'auteur.) 43201

Économie politique et sociale.

Application de la législation française sur les habitations à bon marché. (Recueil de documents sur la prévoyance sociale réunis par le Ministère du Commerce. Direction de l'Assurance et de la Prévoyance sociales) (in-8°, 210 × 135 de 52 p.). Paris, Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1903. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43191

Avant-projet de la loi tendant à modifier les articles 5 et 6 de la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché et l'article 10 de la loi du 20 juillet 1895 sur les caisses d'épargne et ayant fait l'objet d'un avis favorable du Comité permanent du Conseil supérieur des habitations à bon marché. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Assurance et de la Prévoyance sociales) (une feuille 310 × 210 de 2 pages imprimées à la machine à écrire). (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43189

Conseil supérieur du travail. Douzième session (novembre 1903). Compte rendu. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-4°, 265 × 215 de XVIII-225 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1904. (Don du Ministère du Commerce.) 3204

FUSTER (Éd.). — *L'habitation ouvrière et les pouvoirs publics en Allemagne*, par Édouard Fuster. (Recueil de documents sur la Prévoyance sociale réunis par le Ministère du Commerce. Direction de l'Assurance et de la Prévoyance sociales) (in-8°, 210 × 135 de 70 p.). Paris, Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1903. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43190

Habitations à bon marché. Statuts-types pour les Sociétés de construction et de crédit. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction de l'Assurance et de la Prévoyance sociales) (in-8°, 215 × 135 de 22 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1903. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43192

Oesterreichisch-Ungarische Handelskammer in Paris. (Chambre de commerce Austro-Hongroise de Paris.) *Rechenschafts-Bericht 1903* (in-8°, 240 × 155 de 62 p.). Paris, Imprimerie Nouvelle, 1903. 43232

Statistique annuelle du mouvement de la population. Année 1902. Tome XXXII. (République française. Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Direction du Travail. Statistique générale de la France) (in-8°, 260 × 170 de XXXV-169 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1904. (Don du Ministère du Commerce.) 43205

Électricité.

BARBILLION (L.). — *Manipulations et études électrotechniques. Manuel pratique à l'usage des Ingénieurs-Électriciens et des Élèves des Écoles techniques*, par L. Barbillion (in-8°, 255 × 165 de VIII-304 p., avec 162 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43213

BROCA (A.). — *La télégraphie sans fil*, par André Broca. *Deuxième édition revue et augmentée.* (Actualités scientifiques) (in-18, 185 × 120 de X-234 p., avec 52 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43203

HOSPITALIER (E.). — *Congrès international d'électricité. Paris 18-25 août 1900.* Annexes publiées par les soins de M. E. Hospitalier. (Exposition universelle internationale de 1900) (in-8°, 255 × 165 de 318 p., avec 16 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1903. (Don de l'éditeur.) 43198

LOPPÉ (F.) — *Essais industriels des machines électriques et des groupes électrogènes*, par F. Loppé. (Conférences de l'École supérieure d'Électricité) (in-8°, 250 × 165 de 284 p., avec 120 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43202

Enseignement.

FLAMACHE (A.). — *Projet de réforme de l'Enseignement technique en Belgique. Rapport présenté dans la séance du 8 mars 1904 au Comité d'études de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels*, par M. A. Flamache (in-8°, 240 × 160 de 32 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1904. (Don de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels.) 43231

Législation.

Annuaire de la Société centrale des Architectes français. Caisse de défense mutuelle des Architectes. Annuaire 1904 (in-8°, 240 × 160 de 109-6 p.). Paris, siège de la Société. 43186

ARMENGAUD (Jeune). — *De la juridiction en matière de brevets d'invention. Exposé du projet de M. Armengaud jeune* (in-8°, 240 × 155 de 7 p.). Paris, Chaix, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43224

Projet de loi tendant à autoriser la ville de Paris à emprunter une somme de 120 millions et à organiser le service du gaz, présenté au nom de M. Émile Loubet, Président de la République française, par M. E. Combes, Président du Conseil, Ministre de l'Intérieur et des Cultes. (Renvoyé à la Commission de l'Administration générale, départementale et communale des Cultes et de la Décentralisation, 7 mars 1904.) Exposé des motifs. Syndicat professionnel des Usines d'électricité. (Avril 1904. N° 28. Chambre des Députés) (in-4°, 275 × 215 de 14 p.). Versailles, Imprimerie Aubert. (Don du Syndicat professionnel des Usines d'électricité.) 43228

Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. Annuaire pour l'année 1904 (in-18, 175 × 110 de 128 p.). Paris, Typographie Philippe Renouard, 1904. 43220

Société des Ingénieurs Civils de France. Annuaire de 1904. Revisé par la Commission spécialement nommée à cet effet (57e année) (in-8°, 240 × 160 de 479 p.). Paris, Hôtel de la Société, 1904. 43209

Syndicat professionnel des Usines d'électricité. Annuaire 1904 (9e année) (in-8°, 235 × 160 de 315 p.). Lille, Imprimerie Lefèvre-Ducrocq, 1904. 43219

Métallurgie et Mines.

POUSSIGUE (L.). — *Fonçage et installation du premier puits de 1 000 mètres creusé en France*, par Léon Poussigue. (Extrait du Bulletin de la Société de l'Industrie minérale. Quatrième série. Tome II, 1903) (in-8°, 235 × 145 de 468 p., avec 211 fig. et atlas 310 × 235 de 21 pl). Saint-Étienne, J. Thomas et Cie, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43199 et 43200

Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXXIII. Containing the Papers and Discussions of 1902 (in-8°, 250 × 155 de LV-1120 p.). New-York City, Published by the Institute, 1903. 43193

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

CHANUTE (O.). — *Aerial Navigation*, by O. Chanute. (Reprinted from The Popular Science Monthly, March 1904, pages 385 à 393) (in-8°, 230 × 170 de 9 p.). (Don de l'auteur, M. de la S.) 43216

LIEBRECHT (D.) — *Le canal de Panama et Notes sur le Honduras. Conférence donnée dans la séance du 2 mars 1904 au Comité d'études de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels*, par Déodat Liebrecht (in-8°, 240 × 155 de 15 p.). Bruxelles, Imprimerie A. Lesigne, 1904. (Don de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels.) 43206

STRUCKEL (M.). — *Der Wasserbau. Nach den Vorträgen, gehalten am Finnländischen Polytechnischen Institute in Helsingfors*, von M. Struckel. *IV (letzter) Teil. Enthaltend: Den Flussbau, Deiche, Häfen und Schifffahrtszeichen* (in-8°, 260 × 190 de IX-200 p., avec 52 fig. et 37 pl.). Helsingfors, Södestrom et Cie; Leipzig, A. Twietmeyer, 1904. (Don de M. A. Twietmeyer.) 43212

Physique.

POINCARÉ (H.). — *Théorie de Maxwell et les oscillations Hertziennes. La télégraphie sans fil*, par H. Poincaré. (Scientia. Série physico-mathématique. N° 23. Février 1904) (in-8°, 200 × 130 de VI-110 p., avec 9 fig.). Paris, C. Naud. (Don de l'éditeur.) 43221

SOHIER (A.). et MASSART (G.). — *Étude sur l'emploi de l'air comprimé à haute tension comme moyen de transport mécanique souterrain.* par M. A. Sohier et M. G. Massart (in-8°, 240 × 160 de 100 p., avec 2 pl.). Bruxelles, J. Goemaëre; Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de Mme Vve Ch. Dunod.) 43226

Sciences morales. — Divers.

DWELSHAUVERS-DERY (V.). — *Notice biographique sur R.-H. Thurston*, par V. Dwelshauvers-Dery (Extrait de la Revue de Mécanique, n° de février 1904) (in-4°, 315 × 225 de 20 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43229

MOREAU (H.). — *L'alliance Anglo-Yankee-Japonaise, maîtresse de l'Indo-Chine*, par Henri Moreau (in-8°, 240 × 155 de 156 p.). Paris, A. Charles, 1904. (Don de l'auteur.) 43227

Technologie générale.

Association des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines. Premier annuaire 1902. Assemblée constitutive. Statuts. Règlement intérieur. Comité d'administration et siège social. Liste des adhérents (in-8°, 210 × 135 de 36 p.). Paris, Imprimerie Jousset. (Don de M. Guinard, Président de l'Association.) 43167

Atti del Collegio Toscano degli Ingegneri ed Architetti Firenze. Anno 1903 (in-8°, 265 × 190 de 83 p.). Firenze, Tipografia G. Carnesecchi e Figli. 43168

Compte rendu sommaire du Congrès national de la Propriété industrielle organisé par l'Association française pour la protection de la Propriété industrielle, tenu à Paris, au Conservatoire national des Arts et Métiers, du 7 au 10 mars 1904. Résolutions adoptées par le Congrès, p. 40 (in-8°, 240 × 155 de 58 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1904. (Don de l'Association française.) 43207

Franche (G.). — *Manuel de l'ouvrier mécanicien. Première partie. Principes de mécanique générale*, par Georges Franche. (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 94) (in-16, 180 × 125 de 120 p., avec 95 fig.). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 43194

Franche (G.). — *Manuel de l'ouvrier mécanicien. Deuxième partie. Outils et machines-outils*, par Georges Franche. (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 95) (in-16, 180 × 125 de 144 p., avec fig. 96 à 174). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 43195

Rapports du Jury international. Groupe V. Électricité. Classes 23 à 27. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. Exposition universelle internationale de 1900, à Paris) (in-8°, 295 × 195 de 753 p., avec fig. et pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1903. (Don de M. le Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.) 43218

Supplee (H.-H). — *The Mechanical Engineer's. Reference Book. A. Hand-Book of Tables, Formulas and Methods for Engineers, Students and Draftsmen*, by Henry Harrison Supplee (in-8°, 170 × 100 de XII-834-24 p., avec fig.). Philadelphia and London, J.-B. Lippincott Company, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43215

Travaux publics.

Girard (Ch.), Cordier (Ct), Sanglé-Ferrière. — *Étude sur les théâtres et autres lieux de spectacles*, par MM. Ch. Girard, le commandant Cordier, Sanglé-Ferrière. *Suivie d'une Note sur l'incendie du théâtre de Chicago survenue le 30 décembre 1903 (600 victimes)* (in-4°, 260 × 200 de 184-10 p. et 6 fig.). Paris, Imprimerie Municipale, Hôtel de Ville, 1904. (Don de MM. Ch. Girard, M. de la S., et Sanglé-Ferrière.) 43214

IMBEAUX (Dr), HOC (Cne), VAN LINT et PETER. — *Annuaire statistique et descriptif des distributions d'eau de France, Algérie, Tunisie, Belgique, Suisse et Grand-Duché de Luxembourg*, par le docteur Imbeaux, le capitaine Hoc, Van Lint et Peter. *Première édition* (in-8°, 225 × 150 de L-1738 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'éditeur.) 43197

LE CHATELIER (H.). — *Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques*, par H. Le Chatelier (in-8°, 255 × 165 de IV-196 p., avec 3 pl.). *Deuxième édition*. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43196

SAGERET. — *Annuaire du Bâtiment, des Travaux publics et des Arts industriels (95e année de sa publication, 1904)* (in-8°, 220 × 135 de VIII-XXXII-LXXII-2425 p.). Paris, 53, rue de Rennes. 43210

Travaux de l'année 1902 sur les eaux d'alimentation et les eaux d'égouts de la ville de Paris. Procès-verbaux de la Commission. Rapport de la surveillance médicale des sources. Étude des eaux dérivées. Études concernant des eaux nouvelles. Études sur la filtration des eaux d'alimentation. Étude sur l'épandage des eaux d'égouts. (République française. Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales. Commission scientifique de perfectionnement de l'Observatoire municipal de Montsouris) (in-4°, 270 × 215 de 420 p., avec cartes). Paris, Imprimerie Chaix, 1903. (Don de M. le Préfet de la Seine.) 43185

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1904 sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

E.-J.	Bader,	présenté par MM.	Collin, Dumartin, Taveau.
J.-P.-L.	Bony,	—	Dorémieux, Ch.-L-Henry, Lafrance.
E.-M.-J.	Brasseur,	—	Chalon, Germain, Mallet.
E.-F.	Côte,	—	Blanchet, Pinat, Ribourt,
G.-F.	Espitalier,	—	J.-B. Hersent, G. Hersent, Odent.
L.-H.-S.	de Frontin,	—	Chalon, Germain, Mallet.
H.	Gall,	—	Cornuault, F. Clerc, Lencauchez.
E.-C.	Gargiulo,	—	Da Cunha, Bodin, L.-A. Fleury
R.-P.-A.	Gosse,	—	Couriot, Dumartin, Taveau.
P.-M.-J.-L.	Heitz,	—	Jannettaz, Marboutin, Soreau.
E.-Ch.	Hugoniot,	—	Charton, de Grièges, Vignes.
L.-J.-B.	Lassalle,	—	Couriot, Ch. Bourdon, Seiler.
E.-L.	Mazeman,	—	Colomer, Max, Tixier.
A.-J.-H.	Olivier,	—	Baudry, Brocq, L. Rey.
J.-A.	Payet,	—	E. Cornuault, F. Clerc, A. Cornuault.
E.	Reumaux,	—	Couriot, Boudenoot, Portier.
A.-T.	Tellier,	—	De Bovet, de Fréminville, Normand.
E.	Terry,	—	Dodement, Joubert, Sergot.
L.	Valette,	—	De Berlhe, Nozal, Rancelant.
R.-M.-A.	de Vogüe	—	L. Appert, A. Boivin, E. Boivin.

Comme Membres Associés, MM. :

A.-G.-N.-J.	Aubaret (comte),	présenté par MM.	J.-B. Hersent, G. Hersent, A. Barbet.
J.-Ch.-V.	Doisy	—	Boyer, Duchesne, Fayollet.
R.	Tricoteaux	—	Bourdès, Mahoux, Pélissier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1904

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er AVRIL 1904

PRÉSIDENCE DE M. AUG. MOREAU,
Président de la Première Section.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. Aug. MOREAU, Président de la Première Section du Comité (Travaux publics et privés), présidant la séance, adresse les excuses de MM. Couriot et Coiseau, tous deux empêchés.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire connaître le décès de :

M. Le Cœur, Joseph, ancien élève de l'École Centrale (1884), Membre de la Société depuis 1897, chevalier de la Légion d'honneur, Entrepreneur général de travaux publics.

M. LE PRÉSIDENT exprime à la famille de ce Collègue si cruellement éprouvée par le deuil qui la frappe, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Officiers de l'Instruction Publique : MM. F. Bourdil, Falgairolle et L. Sergent.

M. Delmas a été nommé Architecte-Conseil des services de l'Enseignement technique au Ministère du Commerce et de l'Industrie.

M. LE PRÉSIDENT adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. LE PRÉSIDENT dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. le Président rappelle aux Membres de la Société la fête de bienfaisance qui doit avoir lieu le 16 avril prochain. Il demande à ses Collègues de bien vouloir se faire inscrire sans tarder davantage pour que l'on puisse savoir à peu près le nombre des personnes qui participeront à cette fête et pense pouvoir compter sur le concours des dames.

Un concours aura lieu à Paris, le 16 mai prochain et jours suivants, pour l'admissibilité à l'emploi de professeur de dessin et de technologie (interrogateur de mathématiques et de mécanique) dans les Écoles nationales d'Arts et Métiers.

M. H. Claudel a la parole pour sa communication sur un *Nouveau gazogène à combustibles liquides, applicable à tous moteurs à explosion.*

M. H. Claudel, rappelle succinctement les avantages qui rendaient désirable l'emploi du pétrole lourd sans modification des moteurs à explosion existant actuellement; l'économie, la sécurité d'emploi, le transport facile en font le carburant par excellence.

Avant de passer à la description de l'appareil qui a été réalisé en vue de l'usage du pétrole M. Claudel donne communication d'une étude qu'il a faite sur les lois mathématiques qui régissent la carburation, et permettent d'établir les conditions précises de fonctionnement en tenant compte de la constitution des carburants, de leur tension de vapeurs, du type de carburateur, et de déterminer, d'après ces données, la température à laquelle le moteur fonctionne dans les conditions les meilleures.

Le développé rapide des équations relatives au mélange des gaz et des vapeurs permet d'arriver à l'équation :

$$F = \frac{H}{1 - 13\,D \times 1{,}293},$$

dans laquelle F est la tension nécessaire des vapeurs du carburant dans la colonne d'aspiration;

H la pression atmosphérique;

D la ténuité des vapeurs du carburant.

A la tension F correspond la température minima de l'aspiration du moteur.

La température d'aspiration doit être plus élevée, en raison de la chaleur de vaporisation du carburant, d'une quantité déterminée par la formule :

$$X = \frac{h}{0{,}23 \times 16{,}8 - C},$$

dans laquelle h est la chaleur de vaporisation du carburant, C la chaleur spécifique en poids du carburant.

Pour les moteurs à allure rapide, la tension pratique à introduire dans les calculs est :

$$f = F \times e,$$

e étant le coefficient relatif à la vitesse de vaporisation.

En ce qui concerne ce coefficient e, égal à 2,5 pour automobiline, employée dans un carburateur à giclage sur moteur à 1 200 tours,

M. Claudel déclare qu'il demandera à M. le Président de communiquer par la suite une série de travaux permettant de déterminer ce coefficient, dans les conditions variables de la pratique.

L'orateur passe ensuite à la description de l'appareil réalisé pour l'utilisation des pétroles lourds et que l'on trouvera complète dans le Bulletin. M. Claudel s'excuse de n'avoir pas pu présenter, par suite d'un accident au changement de vitesse, une voiture ayant parcouru 18 000 km au pétrole de provenance quelconque et dont le démontage des soupapes avait été empêché par un plombage effectué par M. Lucien Périssé pour démontrer le non-encrassement des clapets. M. Claudel déclare que l'économie réalisée en pratique est de 55 à 60 0/0, la puissance du moteur étant supérieure de 10 0/0 à la puissance développée à l'essence.

M. J. Deschamp demande le motif qui avait porté M. Claudel à appeler son appareil gazogène plutôt que carburateur.

M. H. Claudel répond qu'au début de ses études il avait poussé l'échauffement des vapeurs de pétrole jusqu'à complète dissociation pour l'obtention d'un gaz fixe, mais qu'en raison d'inconvénients dus à cette méthode, il a abaissé la température suffisamment pour avoir un mélange de vapeurs et de produits de dissociation permettant l'usage qu'il fait maintenant du mot carburateur.

M. L. de Chasseloup-Laubat demande à M. Claudel quelle est la différence existant entre la perte théorique due à un excès d'air de carburation et la perte pratique ou expérimentale due à ce même excès d'air de carburation.

Sans avoir étudié spécialement ce sujet, M. de Chasseloup-Laubat croit, *a priori*, que la seconde doit être sensiblement inférieure à la première, parce qu'alors les produits de la combustion sortent à une température moindre, et parce que la perte de chaleur à travers la paroi — perte grâce à laquelle s'élève la température de l'eau de circulation — doit être également sensiblement moindre.

Quoi qu'il en soit, M. de Chasseloup-Laubat pense que cette perte existe réellement : en cela, l'étude des moteurs à explosion conduit aux mêmes conclusions que le travail de M. de Chasseloup-Laubat sur le tirage, où il a fait ressortir la perte due à l'excès d'air de combustion et l'avantage qu'il y a à réduire cette perte, grâce à des appareils de récupération tel que le Howden.

M. de Chasseloup-Laubat croit que la perte due à l'excès d'air dans les moteurs à explosion est très difficile, sinon impossible à réduire au-dessous d'une certaine limite et surtout à supprimer complètement; l'expérience prouvera probablement que, dans les moteurs à explosion comme dans la combustion sur les grilles des foyers des chaudières, il vaut mieux se réserver un léger excès d'air qui constitue, somme toute, une marge de sécurité de fonctionnement, afin d'être bien sûr qu'il n'y ait point production d'oxyde de carbone et que tout le combustible est complètement brûlé.

L'usage du moteur à explosion à puissance moyenne et à grande puissance se développe de jour en jour. M. de Chasseloup est heureux de

voir que la Société des Ingénieurs civils suit de près une question aussi importante.

M. H. Claudel répond qu'il marche toujours avec excès d'air, et que, d'après ses expériences, la perte, toutes corrections faites, dues au volume d'air en excès qu'il a indiqué, est de 16 0/0 environ, soit la moitié du chiffre théorique.

M. F. Bourdil demande si le carburateur décrit a été expérimenté avec d'autres carbures que le pétrole lampant.

M. H. Claudel répond que l'huile de schiste a été essayée; mais l'alimentation est très difficile. La question sera reprise pour être étudiée complètement; mais, dès maintenant, l'on peut dire, d'après les constatations faites, qu'il faudra admettre un grand excès d'air. Avec l'alcool, l'appareil fonctionnait de façon intéressante.

M. L. Letombe ne pense pas qu'il soit exact de dire que l'air admis en excès dans un mélange tonnant donne lieu à une perte du fait de son échauffement aux dépens des calories disponibles.

D'après lui, pourvu que la combustion soit complète, le rendement du cycle à quatre temps à admission totale, ne dépend uniquement que de la valeur de la compression et non du nombre de calories mises en jeu.

Les mélanges trop riches ont, d'ailleurs. l'inconvénient de forcer à recourir à des compressions basses pour éviter des allumages anticipés ou des pressions explosives trop élevées.

Il n'y a pas de raison pour qu'en poids le pétrole lampant donne une économie sur l'essence, et la consommation de 210 g par cheval-heure effectif aurait besoin d'être confirmée par des essais sérieux, car elle correspond à un rendement thermique de 34 à 35 0/0 sur le piston, chiffre supérieur à ce que promet la théorie pour la valeur des compressions employées dans les moteurs d'automobiles.

M. P. Regnard insiste également sur le point de la perte calorique due à la présence d'un excès d'air dans l'échappement pour une température donnée constante.

M. H. Claudel répond que cette perte calorique est, en moyenne. égale au calorique nécessaire pour élever l'air de 1000 degrés, différence moyenne de températures entre l'aspiration et l'échappement.

Il indique de plus que sa formule ne tient pas compte des correctifs dus aux variations de rendement du moteur en lui-même, influence de parois, etc. Il ajoute que, selon lui, l'excès d'air que l'on admet dans les moteurs à gaz est le palliatif qui permet d'éviter les explosions anticipées dans ces moteurs qui atteignent, actuellement, la compression initiale de 14 kg nécessaire à la marche économique.

M. Jean Rey demande le procédé employé pour éviter que l'air introduit dans la cornue du carburateur, à une température suffisante pour amener l'oxydation du carbone provenant de la dissociation du pétrole pendant sa vaporisation, ne produisit pas également l'oxydation de la vapeur de pétrole elle-même, au détriment du rendement global de l'opération.

Il désire savoir aussi le moyen mis en œuvre pour opérer le mélange combustible de la vapeur de pétrole et de l'air, la densité de cette vapeur étant six à six fois et demie celle de l'air, dans les mêmes conditions de température et de pression.

Il questionne enfin sur les expériences et analyses qui ont pu être faites sur la composition du mélange des gaz brûlés à leur sortie du moteur.

M. H. Claudel indique, sur le dessin projeté de l'appareil, les tubes mélangeurs qui arrivent à la partie supérieure de la boîte de mélange et qui permettent le mélange sous l'action du brassage due à l'aspiration sur une chicane. Il expose, de plus, que la quantité d'air est presque nulle, comparativement à la quantité d'air nécessaire à la combustion, et qu'il n'y a pas ainsi à craindre l'oxydation de la vapeur de pétrole. Par des sections appropriées pour le pétrole et l'air, on arrive à un bon résultat pratique.

Des essais faits sur les gaz à leur sortie du moteur, il résulte qu'il y a combustion complète et que l'on ne trouve que des traces d'oxyde de carbone.

M. le Président félicite M. Claudel de sa très intéressante et savante communication. L'exposé si précis et si net qu'il a fait de cet appareil si bien conçu et étudié pratiquement, engagera beaucoup de Membres de la Société à aller le voir fonctionner.

M. E. Duchesne a la parole pour rappeler brièvement les points principaux de sa communication du 22 janvier 1904, sur l'*Étude sur les générateurs marins à tube d'eau et à production intensive.* Il rend compte aussi de quelques essais effectués depuis la séance du 22 janvier.

Après cet exposé, qui doit faciliter la discussion de cette communication, lecture est donnée d'une lettre de M. Hermann Bernard, présentant quelques observations sur la circulation de l'eau dans les chaudières et sur l'hypothèse des mouvements vibratoires.

M. H. Bernard pense qu'il serait utile que l'on pût clairement définir avant tout ce que l'on appelle circulation de l'eau dans les chaudières et dire quelle est exactement son utilité, car lui-même est assez hésitant à ce sujet.

Pourquoi faut-il, sur certaines parties de la chaudière, un très fort courant d'eau ? Pourquoi faut-il que ce courant soit localisé à certaines parties de la surface de chauffe et pas à d'autres? Pourquoi faut-il enfin que ce courant se chiffre par des vitesses de 70 à 80 m par seconde ?

On a dit, et M. Bernard lui-même l'a répété, que ce mouvement était nécessaire pour enlever rapidement la vapeur qui se produit en grande quantité sur les surfaces de coups de feu en vue : 1° d'empêcher le métal de s'échauffer; 2° de faciliter la transmission de la chaleur en amenant l'eau au contact des surfaces fortement chauffées. Or, sur le premier point, il suffit de remarquer qu'on monte aujourd'hui couramment des surchauffeurs de vapeur, qui ne se brûlent pas quand il y a de la vapeur dedans. Et quant au second point (qui se ramène d'ailleurs un peu au premier), il faut rappeler que le coefficient de chaleur spéci-

fique de la vapeur est, à volume constant, 1/3 et, à pression constante, 1/2 de celui de l'eau, c'est-à-dire que, pour élever d'un même nombre de degrés un poids donné d'eau, il faut deux ou trois fois moins de chaleur si cette eau est à l'état gazeux que si elle est à l'état liquide : alors, pourquoi le matelas de vapeur gêne-t-il la vaporisation?

Enfin, en admettant qu'il soit nécessaire de dégager la vapeur au fur et à mesure de sa production, pourquoi faut-il l'entraîner dans un courant dont la vitesse est hors de toute proportion avec la vitesse moyenne de production de la vapeur dans la chaudière ?

Il semble qu'une partie de la confusion qui paraît régner en ces matières tient à ce qu'on ne distingue pas assez dans ces théories de la chaudière — et peut-être aussi dans la pratique — les deux fonctions essentiellement différentes qu'elle doit remplir actuellement : l'une, la fonction de réchauffage de l'eau, a pour but de porter l'eau à la température de vaporisation; l'autre, fonction de vaporisation, produit le changement d'état. La première est une opération qui, industriellement, donne des rendements maxima quand on la pratique par circulation méthodique (et voilà peut-être l'origine de l'idée de *circulation*); l'autre parait, jusqu'à nouvel ordre, échapper par sa nature à toute tentative de méthodicité. Pour l'étude de la chaudière (et peut-être pour sa réalisation pratique ??) ne conviendrait-il pas d'examiner séparément ces deux fonctions si différentes?

Il est un dernier point sur lequel M. Bernard désire demander à ses collègues le secours de leurs idées et de leur expérience. En supposant une chaudière timbrée à 12 kg et *en admettant que la vapeur se forme à cette pression*, on voit qu'une molécule d'eau en passant à l'état de vapeur augmente environ 150 (cent cinquante) fois de volume. Si petite que l'on veuille supposer cette molécule, la vapeur formée doit prendre sa place en déplaçant la masse d'eau environnante, jusqu'à ce qu'elle se soit dégagée de la surface de métal où l'on admet qu'elle a pris naissance; après le départ de cette bulle de vapeur, l'eau va revenir à son tour, séjourner un temps plus ou moins court, mais essentiellement fini, sur la place occupée précédemment par la vapeur, et le phénomène recommencera. Voilà donc, incontestablement, les éléments d'un mouvement vibratoire, d'une pulsation, qui va devenir la loi même du fonctionnement de la vaporisation.

Mais si l'on insiste sur ce changement énorme de volume que la molécule d'eau doit subir, on est conduit à se demander où la vapeur peut se loger, aussitôt sa formation et avant son dégagement. Et il est logique de conclure que, dans les chaudières à tubes d'eau, la vapeur va forcément envahir à certains moments tout le tube, ou du moins une grande partie du tube où elle s'est produite, refoulant l'eau dans tous les sens où cela est possible, puis la vapeur se dégagera et sera remplacée par l'eau arrivant sans doute avec des remous et des coups de bélier plus ou moins forts. De sorte que les tubes seront alternativement pleins d'eau et pleins de vapeur.

Cette conception semble confirmée par les résultats observés sur un assez grand nombre de chaudières et notamment sur des chaudières à tubes du genre Field. C'est même la nécessité d'expliquer les phéno-

mènes auxquels il est fait allusion qui avait conduit en premier lieu à l'hypothèse de cette pulsation indiquée plus haut.

M. Bernard ne sait pas si cette idée est absolument neuve; mais il a pensé qu'il serait peut-être intéressant de la rappeler au moment où le mouvement vibratoire, la pulsation s'empare de toute la théorie mécanique, de toute la physique, et de montrer qu'ici encore c'est un phénomène de même forme qui se produit.

M. E. Duchesne dit que, sans connaître M. Bernard, il s'est absolument rencontré avec lui à ce sujet, et que les idées contenues dans la lettre qui vient d'être lue corrobore ce qu'il a dit lui-même dans son mémoire du 22 janvier. L'hypothèse des vibrations, émise par M. Bernard, peut parfaitement s'accorder avec la circulation qui fait actuellement l'objet de tant de recherches.

M. E. Barbet dit que la communication de M. Duchesne comprenait une partie théorique et une partie pratique, relative à un modèle particulier de générateur.

Il lui semble que la partie théorique n'ajoute rien au remarquable travail de M. de Chasseloup-Laubat, datant de quatre ou cinq ans, et il émet la crainte que l'inclinaison de 8 à 10 degrés, dont se contente M. Duchesne pour les tubes, ne soit pas suffisante pour des générateurs marins, l'amplitude du roulis étant souvent supérieure à cet angle-là.

Au point de vue pratique, il critique, pour le type de générateur décrit, l'alimentation directe dans les tubes de coup de feu, à cause des incrustations avec de l'eau donnant des boues ou des dépôts calcaires. Il semble que le dispositif d'injection de l'eau alimentaire dans les tubes pourra ne pas très bien fonctionner, les multiples petites buses d'injection pouvant s'obstruer. S'il faut démonter le collecteur demi-cylindrique, qui est fixé sur la tôle par des prisonniers, ce peut donner lieu à de graves inconvénients.

M. E. Duchesne répond que la circulation dans des tubes *débouchant dans la même lame d'eau* est tout à fait différente de celle des tubes mentionnés par M. de Chasseloup-Laubat dans son travail, et qui débouchaient dans des nappes d'eau différentes (genre Collet, Niclausse, Dürr, Montupet, etc.).

Pour ces tubes débouchant dans la même lame d'eau, l'inclinaison de 8 à 10 degrés a été adoptée après de nombreux essais et études et donne de très bons résultats. La circulation est très vive et variable d'ailleurs avec l'intensité de la chauffe.

Les dépôts calcaires ne se font pas dans les tubes, mais bien dans la lame d'eau.

Quant aux ajutages alimentaires, quoique très fins, ils ne se bouchent pas. La vitesse de l'eau maintient les dépôts à l'état pulvérulent ou boueux, et les chasse des ajutages. Du reste, des bouchons à vis, placés en face de chaque ajutage, en permettent le nettoyage facile. Pour le surplus, M. Duchesne prie ses Collègues de vouloir bien se reporter à son mémoire inséré dans le Bulletin de Janvier 1904.

M. L. de Chasseloup-Laubat désire protester énergiquement contre l'assertion contenue dans la lettre qui vient d'être lue, et d'où il semble résulter que l'auteur de cette lettre met en doute l'utilité d'une circulation intensive. Pour éviter toute ambiguïté à ce sujet, M. de Chasseloup-Laubat demande à bien expliquer sa pensée sur cette question.

Dans les chaudières du type locomotive ou du type marin, il est certain que la circulation joue un rôle secondaire : ces appareils contiennent, eu égard à leur puissance, des masses relativement considérables d'eau chaude sous pression. De plus, on a renoncé à leur demander un travail spécifique trop intensif. La circulation peut donc être relativement lente et chaotique sans que la chaudière souffre, à condition de ne pas lui imposer un travail spécifique trop considérable — et par cette expression, M. de Chasseloup-Laubat entend la production de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure, et surtout la combustion de houille par mètre carré-heure de surface de grille. — De ces deux éléments, c'est le second qu'il importe de considérer avec le plus d'attention, puisque, dans une chaudière quelconque, la suppression ou l'augmentation des éléments de surface de chauffe les plus éloignés du foyer change considérablement la moyenne apparente de production par mètre carré-heure de surface de chauffe, sans réellement intervenir, ni sur la production par mètre carré-heure de surface de chauffe du foyer, ni sur la combustion par mètre carré-heure de surface de grille.

Il convient cependant de remarquer, en ce qui concerne les locomotives, que, sinon la circulation proprement dite, du moins la facilité de dégagement des bulles de vapeur, joue un rôle considérable : la preuve en est que, depuis longtemps, l'expérience montre qu'une chaudière locomotive sur rails peut, sans souffrir, supporter un travail spécifique infiniment plus considérable que ne saurait le faire le même appareil fixé sur un bâti ou placé dans la cale d'un navire; l'explication généralement admise de ce fait est que es secousses des voies ferrées, même les mieux établies, facilitent le dégagement des bulles de vapeur. Les premiers constructeurs de torpilleurs ont éprouvé les plus graves mécomptes lorsqu'ils ont cru pouvoir imposer aux chaudières locomotives des torpilleurs les mêmes combustions spécifiques qu'aux machines des trains express.

Mais, en ce qui concerne les machines aquitubulaires, qui sont aujourd'hui, et de beaucoup, les générateurs susceptibles de supporter sans inconvénient les combustions spécifiques les plus considérables, M. de Chasseloup-Laubat tient à affirmer ce qu'il a déjà dit plusieurs fois à ce sujet : la circulation est l'essence même de la vie de ces appareils; plus intense est la circulation, plus forte est la combustion spécifique que peut impunément supporter l'appareil.

Les expériences de Thornycroft, de Yarrow, de Whatkinson et les siennes ne laissent aucun doute à ce sujet.

La théorie de la circulation, que M. de Chasseloup-Laubat a eu l'honneur d'exposer pour la première fois à la Société des Ingénieurs civils de France, l'établit également de la façon la plus nette.

En ce qui concerne la circulation pulsatoire, il faut distinguer entre

la circulation pulsatoire normale et la circulation pulsatoire anormale ou accidentelle.

La circulation pulsatoire normale a été niée par plusieurs auteurs, notamment par M. Brillié. Cependant, les expériences de Thornycroft et de M. de Chasseloup-Laubat établissent qu'elle existe réellement dans les cycles non réversibles. La seconde existe dans les appareils à cycles réversibles au moment où le travail spécifique commence à dépasser la capacité de l'appareil et où un accident est près de se produire; elle peut également arriver par suite de ce que M. de Chasseloup-Laubat a nommé les courts-circuits, et lorqu'une molécule d'eau est sollicitée par deux courants opposés et de force d'entrainement équivalente ou sensiblement équivalente.

M. de Chasseloup-Laubat termine en affirmant une fois de plus l'importance de la circulation et en rappelant que la théorie et l'expérience montrent que les générateurs aquitubulaires, qui peuvent soutenir sans inconvénient les combustions spécifiques les plus intenses, sont justement ceux où la circulation naturelle, c'est-à-dire la circulation due à la production des bulles de vapeur elles-mêmes et non point à un artifice quelconque, est la plus intense et où chaque tube est traversé pendant l'unité de temps par une masse d'eau d'autant plus considérable que la production de vapeur est elle-même plus intense.

Il ajoute encore qu'au point de vue pratique, le dépôt des matières calcaires ou boueuses et l'encrassement des tubes sont d'autant moins à craindre que ces tubes travaillent davantage si la circulation est assurée suivant les conditions ci-dessus.

M. Lencauchez, après avoir approuvé les observations présentées par M. Bernard dans sa lettre, estime qu'on ne saurait jamais trop s'attacher à provoquer la production dite intensive des chaudières.

Il expose que si les chaudières dites de locomotives n'ont pas réussi dans la marine, c'est qu'en les modifiant pour les mettre à bord des torpilleurs on ne s'est pas assez inquiété d'assurer la circulation de l'eau, comme il l'a montré dans la communication qu'il a faite à la Société des Ingénieurs civils dans sa séance du 21 mars 1890.

M. le Président remercie les divers Membres de la Société qui ont pris part à cette discussion et lui ont donné un très vif intérêt par les observations qu'ils ont présentées.

M. Lencauchez a la parole pour sa communication *Étude d'ensemble de générateurs à vapeur*.

M. Lencauchez expose qu'il veut s'occuper de la production intensive des chaudières à vapeur en général.

Il parle d'abord de la conductibilité et passe en revue la conductibilité dans les armes à feu, dans les serpentins (expériences de Clément Desormes, de Laurens et Thomas) et aussi de la conductibilité dans les « triple effet » des sucreries et raffineries d'après M. Sekutowicz (Bulletin de la Société, de septembre 1903), et dans les chaudières des plus puissantes locomotives les plus modernes.

Il donne ensuite des résultats d'études très intéressants, avec tableaux

et projections, sur la chute de température des gaz brûlés ou fumées passant de la boite à feu à la boite à fumée.

Il rappelle les travaux de Graham, Petiet, Clément Desormes, Thomas Perkins, Field. Il donne, dans un tableau, très bien groupés, tous les résultats des si intéressants travaux de MM. Henry et Baudry, Ingénieurs en chef de la Cie P. L. M. (Annales des Mines, d'août 1894). Un autre tableau résume les travaux de M. le docteur Aimé Witz.

Enfin il parle des chaudières de M. Augustin Normand des contre-torpilleurs *Arquebuse* et *Arbalète* à tubes d'eau et à libre dilatation.

La conclusion est que les chaudières du type des locomotives peuvent produire 40 kg de vapeur par mètre carré moyen et par heure et avoir des rendements thermiques de 75 à 80 0/0, alors que des chaudières multitubulaires et semitubulaires, avec économiseurs Green, ne produisent que 16, 10 et 6 kg par mètre carré moyen et par heure et n'ont qu'un rendement thermique de 70 à 73 0/0 seulement. Donc, 1 m^2 de chaudière locomotive produit plus que 3 m^2 de chaudières semitubulaires et avec meilleur rendement thermique.

M. le Président remercie M. Lencauchez de sa très consciencieuse étude, qui montre la grande érudition de son auteur.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. J.-E. Bader, E.-M.-J. Brasseur, E.-F. Côte, G.-F. Espitalier, L.-H.-S. de Frontin, H. Gall, R.-P.-A. Gosse, E.-Ch. Hugoniot, E.-L. Mazeman, R.-U.-A. de Vogüé, comme Membres Sociétaires Titulaires ; et de :

MM. Ch.-J.-V. Doisy, G.-H.-J.-A. Comte Aubaret et R. Tricoteaux, comme Membres Associés.

MM. J.-P.-L. Bony, E.-C. Gargiulo, J.-M.-P.-L. Heitz, L.-J.-B. Lassalle, A.-J.-H. Olivier, J.-A. Payet, E. Reumaux, A.-T. Tellier, E. Terry, L. Valette, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,
F. Clerc.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 AVRIL 1904

Présidence de M. L. Boudenoot, Président de la IVe Section.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. L. Boudenoot, Président de la IVe Section, présidant la séance, présente les excuses de M. Couriot, Président de la Société, empêché.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de MM. :

E. J. Lesueur, Membre de la Société depuis 1898, Ancien Secrétaire Général de la Compagnie du Chemin de fer de Bayonne à Biarritz, Directeur de l'Établissement Ostréicole de Régneville;

A. Pierre, Ancien Élève de l'École Centrale (1849), Membre de la Société depuis 1864, Ingénieur Civil, Administrateur du Bureau de Bienfaisance du XIIe arrondissement, Ancien Inspecteur général d'assurances ;

Ch. Roux, Ancien Élève de l'École des Arts et Métiers d'Aix (1851), Membre de la Société depuis 1881, Ancien Ingénieur aux Usines du Creusot, Lauréat de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale en 1880, Ancien Ingénieur Conseil, Ancien Ingénieur fondé de pouvoirs de la Société Métallurgique de Montbard;

G. Carré, Membre de la Société depuis 1893, Ingénieur-Constructeur ;

L. Declėty, Ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1875), Membre de la Société depuis 1898, Administrateur Délégué de la Société Anonyme de Constructions mécaniques de Saint-Quentin ;

A. L'Hermite, Ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1872), Membre de la Société depuis 1900, Ingénieur-Constructeur.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvés par le deuil qui les frappe, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Officier d'Académie : M. Jules Fleury;

Chevalier de l'ordre du Dragon de l'Annam : M. Weyl-Michel.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un des prochains Bulletins.

M. Paul Habets, Ingénieur honoraire des Mines, Directeur-Gérant des charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, Professeur ordinaire à l'Université libre de Bruxelles, a la parole pour sa communication sur le *Bassin houiller de la Campine* (Nord de la Belgique).

M. P. Habets expose que le principe géologique du parallélisme des rides de l'écorce terrestre faisait présumer le passage, dans le nord de la Belgique, de l'axe synclinal correspondant au bassin houiller du Yorkshire et aux cuvettes septentrionales du bassin Westphalien.

Soixante-quatre sondages, dont plusieurs ont pénétré jusqu'à 1 000 et 1 200 mètres de profondeur ont fait reconnaître, dans les provinces de Limbourg et d'Anvers, un vaste dépôt houiller. La zone explorée mesure 80 km de longueur et 12 à 20 km de largeur. Les couches affectent une faible pente vers le nord et le nord-est. Toutes les natures de charbon, depuis les houilles à gaz jusqu'aux houilles maigres, ont été reconnues. Des études paléontologiques permettent de caractériser l'allure stratigraphique générale du terrain houiller exploré.

Le gisement est recouvert par des morts-terrains secondaires et tertiaires, de 300 à 800 m d'épaisseur, dont plusieurs assises se sont montrées fortement aquifères. Leur traversée, qui soulève des problèmes irrésolus jusqu'à présent, occasionnera de grandes difficultés pour l'établissement des puits.

Le grand intérêt que présente la mise en valeur de gisements de charbons à gaz, pour lesquels la Belgique est tributaire des bassins houillers étrangers, ne permet pas de douter que l'industrie minière surmonte tous les obstacles dont la Nature a protégé l'accès du bassin du nord de la Belgique quelle que soit l'importance des capitaux nécessaires.

M. le Président se fait l'interprète des Membres présents et de la Société des Ingénieurs civils de France pour remercier très chaleureusement M. Habets de sa belle communication. Le conférencier l'a apportée de loin; aussi nos remerciements n'en sont que plus vifs, surtout s'adressant à M. Habets, dont le nom est si connu des Ingénieurs civils de France. Fils et frère de géologues très distingués, savants ingénieurs du pays voisin, la Belgique, le conférencier suit dignement ces traditions de famille, aussi bien à l'Université libre de Bruxelles que dans l'industrie privée.

M. Habets, ajoute M. le Président, a parlé de la Campine avec une parfaite compétence et une grande expérience personnelle. Il a montré de façon très intéressante que ce n'est pas le hasard qui a fait découvrir ces gisements, mais des recherches méthodiques, qui ont été poursuivies en appliquant des principes scientifiques tels que le principe du parallélisme des rides de l'écorce terrestre. C'est un exemple de la collaboration précieuse de la science et de l'art du savant et de l'Ingénieur, et de cet accord de la théorie et de la pratique, qu'il importe toujours de réaliser dans notre profession d'ingénieur. Les obstacles à surmonter, avant qu'on arrive à exploiter ces gisements à grande profondeur, seront nombreux, surtout parce qu'ils sont séparés du sol par d'immenses morts-terrains aquifères, dont la traversée sera pénible, coûteuse et quelquefois dangereuse. Mais, en ingénieur habile, habitué à vaincre les difficultés,

M. Habets a fait entrevoir que les ingénieurs de Belgique sauront les surmonter. C'est le souhait que M. le Président formule en terminant.

M. Léon Thomas demande où en sont les concessions de ce nouveau bassin houiller.

M. Habets répond qu'il n'a pas touché à cette question dans sa communication, à laquelle il a tenu à conserver un caractère purement technique.

Il se fait, néanmoins, un plaisir de satisfaire à la demande posée, à titre de simple renseignement. Le gouvernement de la Belgique a promis de modifier la loi de 1810, avant de donner des concessions, ou mieux, a promis de ne donner aucune concession avant d'avoir proposé une modification à la loi de 1810. La question en est là, et comme il ne va pas sans inconvénients de modifier une loi, au moment de l'appliquer, peut-être devra-t-on encore attendre un certain temps avant d'avoir une solution.

M. Machavoine demande à M. Habets si, étant donné le parallélisme entre le Rhin et les trois failles, dont il a été parlé, il ne pourrait être admis que le bassin de la Campine serait un rejet horizontal du bassin de Westphalie.

M. Habets répond qu'il y a, dans la région du Rhin, un bombement dévonien, lequel est contourné par le terrain houiller, indépendant des rides herséniennes, qui donnent la direction générale du bassin houiller. C'est en prolongement de ce bombement que se présentent les failles de l'est, dont il a été question. Des bombements analogues se présentent également dans l'ancien bassin houiller. Un soulèvement semblable se rencontre aussi à l'ouest du bassin du Pas-de-Calais et le sépare des bassins anglais. Mais tout cela n'a rien à faire avec l'ordre général du gisement.

M. J. G. Bousquet a la parole pour sa communication sur les *Richesses minérales des Indes orientales néerlandaises* (avec projections).

M. Bousquet divise sa communication en trois parties :

I. *Coup d'œil d'ensemble sur la colonie.* — Le domaine colonial de la Hollande en Asie a une superficie de 2 millions de kilomètres carrés. La population atteint près de 36 millions d'habitants, très inégalement répartie sur les diverses îles de l'archipel indo-hollandais. A côté d'une île très peuplée, Java, le reste du pays est couvert de la forêt équatoriale et ne possède qu'une population clairsemée.

L'agriculture est la principale ressource du pays; on cultive la canne à sucre, le thé, le café, le tabac, le cacao; ensuite viennent des spécialités comme l'indigo, le quinquina, la vanille, la noix de muscade et les diverses épices.

La balance générale du commerce est en faveur des exportations qui se chiffraient, en 1901, par 520 millions de francs, contre 460 millions à l'importation.

Le budget de la colonie se monte à 300 millions de francs, sur lesquels près de 100 millions sont consacrés aux dépenses de la guerre et de la marine.

La majeure partie des exportations est dirigée vers la Hollande qui constitue l'entrepôt (Rotterdam et Amsterdam) de la colonie.

L'industrie proprement dite est insignifiante. On peut citer, en dehors des sucreries, scieries, distilleries et des moulins à riz, quelques savonneries, imprimeries et fabriques d'eaux minérales.

II. *Richesses minérales.* — L'industrie minérale est toute récente; gênée dans son développement par plusieurs causes, au nombre desquelles l'absence de moyens de transport et l'insalubrité du pays se placent au premier rang, elle n'a pris quelque essor qu'avec la découverte des gisements de pétrole de Java et Sumatra, il y a une vingtaine d'années. Ultérieurement, l'attention s'est portée sur les filons aurifères de Sumatra et de Célèbes, et l'on commence maintenant à rechercher les métaux usuels, plomb, cuivre, etc. L'étain, connu dès le milieu du XVIIe siècle, n'était guère qu'un objet de commerce, et son exploitation, laissée à des Chinois, n'a vu améliorer ses procédés primitifs que très récemment.

Actuellement on exploite d'une façon régulière et suivie :

Le pétrole;

La houille;

L'étain;

L'or et l'argent.

En outre, les indigènes du sud de Bornéo lavent des alluvions diamantifères et quelques sources thermales, à Java, donnent de l'iodure de cuivre.

Pétrole. — Principaux gisements à Sumatra, Java et Bornéo. La production annuelle atteint 430 000 t, mettant l'Insulinde au quatrième rang des pays producteurs, avant la Roumanie.

Houille. — Très abondante à Bornéo (sud) et sur les hauts plateaux de Padang (Sumatra). Elle est exploitée depuis le milieu du XIXe siècle, mais les exploitations primitives sont abandonnées. La seule mine importante se trouve à Ombilien (Sumatra) et produit 200 000 t par an d'une houille sèche à longue flamme, très employée comme charbon de soute. Toutes les houilles de l'archipel sont tertiaires.

Étain. — L'exploitation est concentrée à Banka, Billiton et Singkep. Ce sont uniquement des dépôts d'alluvions. On n'a pas trouvé de filons en place. Banka produit de 10 à 12 000 t par an (exploitation d'État), Billiton 4 à 5 000 t et Singkep 6 à 700 t. Les gisements tendent à s'appauvrir rapidement.

Or. — On exploite des filons à Célèbes et à Sumatra. Dans l'île de Bornéo on exploite quelques filons de quartz et de nombreuses alluvions dans les vallées du sud de l'île. La production totale atteignait, en 1901, 2 000 kg, soit 6 millions de francs.

La principale mine du Nord Célèbes est celle de Sœmalata, et à Sumatra celle de Redjang Lebong.

Argent. — On n'exploite pas de minerais argentifères proprement dits; mais les gisements aurifères précédents produisent une quantité importante d'argent. La mine de Redjang Lebong produit à elle seule 3 700 kg d'argent.

III. *Résultats obtenus. Avenir des exploitations.* — Les résultats obtenus jusqu'à présent sont, sauf ce qui concerne le pétrole et l'étain, assez peu satisfaisants. Des sommes considérables ont été dépensées pour arriver à mettre sur pied trois exploitations seulement en marche normale. Des causes multiples interviennent pour amener ce résultat défavorable. En premier lieu se place certainement l'inexpérience des exploitants, obligés de recourir à un personnel étranger trop souvent incapable et hors d'état d'exercer un contrôle utile et éclairé sur la marche des travaux; en outre, les richesses réelles existantes ne sont pas illimitées et l'éloignement de la plupart des gîtes métallifères des centres habités grève l'exploitation de frais élevés. Enfin, l'usage fait de capitaux investis dans les entreprises a été souvent des moins judicieux, tandis que le fonds de roulement d'une mine en exploitation est généralement insuffisant.

Après avoir connu successivement une période de fièvre spéculative et de tâtonnements malheureux, il semble maintenant que l'industrie minière entre dans une phase de développement rationnel et progressif; grâce aux écoles faites, les erreurs du passé ne se reproduiront plus et l'on doit s'attendre à voir augmenter le nombre des mines en exploitation au fur et à mesure du développement des voies de transport et de l'exploration méthodique des gîtes.

La loi minière des Indes hollandaises, assez libérale dans ses dispositions principales, établit le principe des concessions à terme limité (75 ans); elle rend toutefois très difficile la participation des étrangers à l'exploitation des richesses minérales du sol national.

M. le Président remercie M. Bousquet de l'intéressante communication qu'il vient de faire et grâce à laquelle les Ingénieurs Civils de France connaîtront un peu mieux le domaine de leurs voisins, les Hollandais, dans les Indes néerlandaises, en particulier les parties qui sont les plus intéressantes pour une Société comme la nôtre, à savoir : les richesses minérales.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. H.-J.-Ch. Adt, B. Besenzanica, F.-L. Godet, L. Naudet, H. Noack-Dollfus, A.-J.-L. Queneau, comme Membres Sociétaires Titulaires; et de :

M. L.-C. Janrot, comme Membre Associé.

MM. J.-E. Bader, E.-M.-J. Brasseur, E.-F. Côte, G.-F. Espitalier, L.-H.-S. de Frontin, H. Gall, R.-P.-A. Gosse. E.-Ch. Hugoniot, E.-L. Mazeman, R.-U.-A. de Vogüé, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

MM, Ch.-J.-V. Doisy, G.-H.-J.-A. comte Aubaret et R. Tricoteaux comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires Techniques,
F. Clerc.

LES RICHESSES MINÉRALES

DES

INDES ORIENTALES NÉERLANDAISES (1)

PAR

M. J. G. BOUSQUET

AVANT-PROPOS

Les Pays-Bas possèdent, en Asie, un empire colonial riche et prospère, source pour la métropole de revenus importants. Après avoir connu des années d'extrême abondance, ce pays a vu peu à peu grandir autour de lui d'autres colonies, et décroître son importance première. Formant, aux siècles passés, un fief en toute propriété de la Compagnie des Indes occidentales, l'Insulinde passa entre les mains de la Grande-Bretagne pendant les guerres du Premier Empire, pour faire retour à la couronne néerlandaise en 1816.

Le territoire appartient donc à l'État, et il n'y a point de propriétés privées, en dehors de quelques grands domaines aliénés par la couronne au début du xixe siècle. C'est aussi le caractère d'exploitation par l'État, et au profit de l'État, qui définit la colonisation hollandaise jusqu'à une époque relativement récente. Aujourd'hui, l'Administration abandonne peu à peu son rôle premier de planteur et de commerçant, laissant aux indigènes la libre disposition de leurs cultures, pour se contenter du domaine politique et administratif propre; mais nous retrouverons ce principe de droit régalien dans le régime minier, aussi était-il intéressant de le signaler dès l'abord.

Formant autour de l'équateur comme une ceinture d'îles à la végétation luxuriante, au climat chaud et toujours égal, l'Insulinde constitue la principale richesse de la Hollande. Sa superficie totale est de près de 2 millions de kilomètres carrés, et sa population atteint 37 millions d'habitants (2), mettant ainsi les Pays-

(1) Voir planche n° 66.
(2) Voir tableaux n°s 1 et 2, p. 487.

Bas au quatrième rang des puissances, en Asie, à la suite de la Chine, de l'Angleterre et du Japon.

De toutes ces îles, Java est la plus peuplée, et fournit un exemple intéressant de l'accroissement rapide que peut prendre une population dans des circonstances favorables. Alors qu'au début du siècle dernier, Raffles estimait à 6 millions d'âmes le chiffre des habitants de Java, il se trouve être, aujourd'hui, de 25 millions, ayant ainsi quadruplé en 80 ans.

Cet accroissement considérable témoigne de la longue tranquillité dont l'île a joui sous la domination hollandaise, ainsi que de la fertilité du pays, capable de fournir à tout ce peuple le riz qui constitue son alimentation presque exclusive. Il est également dû au caractère particulier des habitants, qui font, des trois races malaises établies à Java : les Soendanais, les Javanais et les Madoerais, une nation souple, patiente, laborieuse et pacifique.

Dans les autres îles de l'Archipel, la population est bien moins dense, et les terres incultes ou forestières sont en majorité. Le caractère plus indépendant des indigènes rend moins facile la pénétration par l'Européen, aussi comprend-on que, devant l'immense domaine ouvert à la colonisation, l'effort des Hollandais se soit plus particulièrement appliqué à Java. De nombreuses routes sillonnent l'île en tous sens, les chemins de fer ou les tramways à vapeur relient entre elles les cités importantes. On circule partout en toute sécurité, sauf dans les jungles de la côte sud, tandis que, dans les autres parties du domaine colonial, administrativement dénommées les *Possessions extérieures*, les voyages sont beaucoup plus difficiles. Les établissements européens sont localisés sur les côtes ou en quelques points de l'intérieur, d'accès plus facile, grâce à des rivières navigables pour les vapeurs, ou d'une richesse plus grande, comme les régions pétrolifères de la côte est de Sumatra, et les gîtes houillers de la côte ouest. Le sol est partout recouvert de la grande forêt équatoriale, et il est encore de nombreuses régions où l'Européen ne pénètre presque jamais, où le voyage projeté ne s'accomplit qu'à la suite de laborieuses négociations entre le résident hollandais de la côte et le petit potentat indigène de l'intérieur.

L'agriculture et le commerce forment les deux ressources principales du pays. L'industrie n'existe presque pas: en dehors des usines comme des sucreries, des moulins à riz, des scieries, qui

constituent une annexe des cultures, on ne peut signaler que des savonneries, des imprimeries et des fabriques de glace et d'eaux minérales.

La balance générale du commerce est en faveur des exportations.

Le mouvement général pour 1901 se chiffre par 924 millions de francs (1), dont 432 millions à l'importation et 492 millions à l'exportation, Java entre pour un tiers dans cette somme. La majeure partie des exportations est faite vers la Hollande, qui forme ainsi l'entrepôt des denrées coloniales : café, thé, tabac, quinquina, indigo, noix de muscade, cacao et épices diverses. Seul le sucre est envoyé en Chine et en Amérique sans passer par les ports hollandais.

L'État retire annuellement, de la vente des produits de ses cultures de café, de sucre et de quinquina, des bénéfices qui vont chaque année en diminuant, par suite de l'abandon progressif du système de l'exploitation domaniale. Le sucre a disparu de la liste de ces produits, et le café tend à disparaître. En ajoutant les ventes d'étain de Banka, les bénéfices réalisés par l'État se sont élevés, en 1901, à 75 millions de francs, contre 142 millions réalisés annuellement il y a une trentaine d'années. Si l'on joint les produits du fermage, des monopoles de l'opium, du sel, et de divers autres, on arrive à un total de 138 millions de francs, soit près de la moitié du budget annuel de la colonie, qui se monte à 300 millions.

Dans ces pays, où les cultures ont donné et donnent encore de si beaux résultats, il était assez naturel que la recherche des gîtes minéraux exploitables fût assez longtemps négligée. Malgré les mines d'étain de Banka, déjà exploitées aux siècles précédents, malgré la présence de l'or, connue à Sumatra, à Bornéo et à Célèbes, où, depuis un temps immémorial, les indigènes lavaient les alluvions et excellaient dans l'exécution de délicates orfèvreries, ce n'est guère que vers la fin du XIX[e] siècle que l'on commence à s'intéresser, en Hollande, aux gisements minéraux de l'Insulinde. Il faut bien dire, du reste, que cette apparente indifférence n'était que la conséquence toute naturelle des difficultés nombreuses que présentait alors la pénétration à l'intérieur de ces îles, et dont les principales sont : le manque de routes, l'hostilité des indigènes et l'insalubrité gé-

(1) Non compris les mouvements de numéraire.

nérale de la côte jointe à une ignorance des précautions, aujourd'hui courantes, d'hygiène coloniale.

Le climat de l'Insulinde ne connaît pas ces températures anormalement élevées que l'on constate sous une latitude plus haute en tant d'autres régions, comme sur les côtes de la mer Rouge, par exemple; les variations du thermomètre sont comprises généralement entre 18 et 35° C, ; d'été et d'hiver, il n'est pas question, et les vents régnants sont déterminés par la composition des alisés avec les courants provenant de l'évaporation du plateau australien pendant l'hiver, ou de la péninsule hindoustane pendant l'été; il en résulte le régime des moussons, qui agissent différemment sur les diverses îles et suivant l'époque de l'année. La saison pluvieuse dure de novembre à mai, et la saison sèche de juin à octobre. La période de transition est marquée par une élévation du thermomètre et une chaleur lourde plus pénible qu'au reste de l'année.

Les pluies se produisent même pendant la saison sèche, en de certaints points où le voisinage de pics élevés amène des condensations atmosphériques presque quotidiennes.

C'est ainsi que Buitenzorg, village au sud de Batavia, et au pied du volcan de la Gedeh, où se trouve le célèbre Jardin des Plantes de Java, est un des endroits du monde où il pleut le plus. On y relève chaque année une hauteur de pluie de près de 5 m.

Ainsi, température élevée mais égale d'un bout de l'année a l'autre, air chaud et humide constamment, telles sont les deux caractéristiques du climat de l'Insulinde qui en rendent le séjour, non pas malsain, mais débilitant. La malaria, bien qu'assez fréquente sur les points marécageux, ne revêt que rarement un caractère pernicieux, même dans les régions réellement malsaines. L'expérience a prouvé désormais qu'une hygiène sévère et une sobriété bien entendue, jointes à une guerre inexorable aux moustiques anophèles permettent de résister victorieusement à la maladie.

Régime légal des mines.

Une nouvelle loi minière, datant du 1er août 1899, vient d'être mise tout récemment en vigueur, à la suite de la publication des divers règlements d'administration publique qui doivent en assurer l'application.

Sous l'ancienne législation, une ordonnance royale du 2 septembre 1873 établissait le principe de l'accession; le propriétaire du sol était propriétaire du tréfonds et pouvait, sans aucune formalité, se livrer à des recherches; il avait droit à une concession sans avoir à justifier de la possibilité d'une exploitation fructueuse.

Pour tout autre, il était nécessaire d'obtenir un permis pour les recherches, et l'institution d'une concession ne s'accordait qu'après une enquête sur la réalité et la richesse des gisements trouvés. Ces dispositions, en faveur du propriétaire, ne présentaient, aux Indes, qu'un intérêt théorique, étant donné que les quelques propriétés particulières existantes se trouvent à Java et n'ont point révélé la présence de gîtes minéraux. On ne la retrouve point dans la nouvelle loi qui s'inspire du pur droit régalien.

Le propriétaire du sol ne peut pas disposer des substances minérales qui se trouvent dans le sous-sol; ces substances, dont la liste très complète peut s'augmenter par simple décret, ne peuvent être l'objet de recherches ou d'une exploitation qu'avec un permis de recherches ou un titre de concession.

Le permis de recherches ne s'accorde que pour une durée de trois années au lieu de cinq, avec faculté de prolongation de deux années successives au maximum. Les travaux doivent commencer dans le délai d'un an, et le premier demandeur en date a la préférence.

La concession, d'une durée limitée, n'est accordée que sur la preuve de l'existence des substances minérales dans le périmètre en demande, et seulement si l'exploitation en est techniquement possible. Le détenteur d'un permis de recherches a droit à la concession des substances minérales découvertes par lui sur son terrain.

La durée d'une concession est de soixante-quinze ans, et le droit prélevé par l'État se compose d'un impôt fixe de 0,50 f par hectare et d'une redevance proportionnelle de 4 0/0 sur le produit brut de l'exploitation (au lieu de 3 à 10 0/0 du produit net sous l'ancienne loi).

Le permis de recherches paye un droit annuel de 0,05 f par hectare. On peut disposer librement des produits des recherches jusqu'à un maximum à déterminer, variable avec les espèces et au-dessus duquel la taxe de 4 0/0 sur le produit brut devient applicable.

Le demandeur d'un permis de recherche ou d'une concession doit être de nationalité hollandaise, ou habiter la Hollande ou les Indes néerlandaises. Si la demande est faite par une Société, celle-ci doit avoir son siège social en Hollande ou aux Indes et la majorité des membres du Conseil d'administration doivent être Hollandais ou habiter les Indes. Il faut, en tout cas, qu'il y ait un représentant du concessionnaire dûment attitré aux Indes. La Société doit enfin justifier d'une capacité financière suffisante.

Organisation minière.

I. — Service des mines.

Le service des mines forme une division du département de l'Instruction publique, des Cultes et de l'Industrie ; il est dirigé par le Chef du Service des Mines et comprend les attributions suivantes :

1° La conduite et la direction des exploitations minières de l'État ;

2° La surveillance exercée au nom de l'État dans l'intérêt général et au profit du Trésor sur les exploitations privées ;

3° La publication de mémoires techniques divers ;

4° L'exécution de la carte géologique ;

5° La direction des recherches minières entreprises sur les ordres du Gouverneur Général ;

6° Divers travaux d'analyses dans des laboratoires annexes ;

7° Le service des sondages, comprenant :

a) La recherche de gîtes minéraux, d'eaux thermales ;

b) La recherche de sources artésiennes.

Le personnel technique comprend, outre vingt Ingénieurs de diverses classes, une brigade de topographes et plusieurs équipes de sondages.

Des rapports trimestriels sont publiés par le service et insérés au Journal de Java ; en outre, un Annuaire renfermant des notices et mémoires sur les mines, paraît vers le commencement de chaque année à Batavia.

II. — Exploitations minières de l'État.

Celles-ci sont au nombre de deux, savoir :

a) Mines d'étain de Banka. — Elles sont dirigées, depuis 1884, par le service des mines sous la haute surveillance du Résident local ;

b) Mines de houille d'Ombilien (Sumatra).

Cette exploitation a été ouverte en 1891. Elle est dirigée, contrairement aux principes posés ci-dessus, par le chef du service local des chemins de fer de l'État, à Padang, assisté d'Ingénieurs du Service des Mines.

III. — Exploitations privées.

Elles sont sous la surveillance des Ingénieurs des Mines, dans les conditions définies par la loi de 1899 et les règlements-annexes.

Cette surveillance a pour objet :

La sécurité dans les travaux souterrains ;

L'hygiène et la sécurité des ouvriers ;

Protection de la surface (sécurité des personnes et du trafic public) ;

Protection contre les conséquences nuisibles des travaux miniers en général.

Les concessions délivrées à la fin de 1902 étaient au nombre de quatre-vingt-onze, savoir :

2	concessions pour	l'étain ;
26	—	l'or, l'argent, le diamant, le plomb et autres métaux ;
9	—	la houille ;
51	—	le pétrole et autres produits bitumineux ;
1	—	l'iode ;
1	—	le grès ;
1	—	l'antimoine et le plomb.
91		

Les marbres, calcaires, kaolins et analogues ne sont pas soumis au régime de la concession. Leur exploitation n'est pas con-

sidérée comme une entreprise minière et s'opère sur un simple permis d'exploitation.

En 1902, il y avait douze de ces permis délivrés pour :

L'acide carbonique naturel . . .	1
Le tras	1
L'iode	1
Le calcaire et le marbre	2
Le kaolin	1
Le calcaire	3

Signalons enfin un mode particulier d'exploitation des placers aurifères et diamantifères dans la résidence du sud de Bornéo. Le département des finances a affermé à des particuliers le droit de lavage des alluvions de plusieurs rivières de ce district.

Traits principaux de la géologie de l'Archipel.

Les Iles de la Sonde font partie de l'arc malais, qui, partant de la Birmanie, traverse la péninsule de Malacca, Sumatra, Java, se recourbe ensuite vers le nord-est, laissant en dehors Santal et Timor, pour arriver en Nouvelle-Guinée, en passant par l'île de Céram (voir *Pl. 66*).

Les formations tertiaires jouent un grand rôle dans tout l'archipel. C'est à cette période qu'appartient la majeure partie des terrains de Java, de Sumatra et de Bornéo. Comme formation plus ancienne, on connaît à Java et dans les Moluques des couches de terrain crétacé et, à Sumatra, deux formations schisteuses, dont l'une, antérieure à la période carbonifère, est traversée par de nombreux filons de quartz, tandis que l'autre, recouverte à stratification discordante par le calcaire carbonifère et correspondant aux schistes du Culm (Verbeek), est caractérisée par l'absence complète de veines de quartz.

A Java, les micaschistes sont recouverts par les sédiments tertiaires affectés par de nombreux plissements.

A Sumatra, les schistes anciens très développés sont injectés par des veines de granit plus récent. Les schistes et calcaires de la période carboniférienne sont recoupés par des épanchements importants de roches vertes variées. Au-dessus se trouve une série tertiaire plus complète qu'à Java.

La série tertiaire moyenne est caractérisée, dans tout l'archipel, par des couches de houille à nummulites et orbitoïdes.

On n'a trouvé de fossiles antérieurs au tertiaire que dans l'île de Bornéo, partout ailleurs ils font défaut.

Les épanchements éruptifs de l'archipel peuvent se rattacher à trois venues successives :

La première, plus particulièrement développée dans la partie orientale de l'archipel, s'est produite au cours de la période crétacéique. La seconde, caractérisée par de grands épanchements de roches antésitiques, à la fin de l'ère tertiaire (côte ouest de Sumatra). La troisième, pendant l'ère quaternaire; c'est elle qui a donné naissance à la plupart des volcans aujourd'hui si caractéristiques de l'ensemble de ces îles.

Les massifs montagneux de Java et de Sumatra renferment de nombreux volcans, ayant généralement leur cratère parfaitement conservé, et leur manteau volcanique très peu endommagé. Quelques-uns sont encore en activité, ou l'ont été dans les temps historiques. En somme, c'est là un des points du globe où l'activité volcanique s'est manifestée avec le plus d'intensité : Sumatra compte une soixantaine de volcans; Java, quarante-cinq; il y en a dans toute la série des îles de la Sonde, à Célèbes et aux Moluques; plusieurs de ces dernières ne sont que des fragments d'anciens cratères, par exemple Banda.

Il est à remarquer, enfin, que, tout le long de l'arc malais, depuis la vallée de l'Iraouaddi, en passant par Nicobar, Sumatra et Java, pour arriver à Céram, on connait des sources de pétrole, sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Gîtes minéraux.

Les substances minérales faisant l'objet d'une exploitation courante aux Indes hollandaises, sont les suivantes :

Houille,
Pétrole,
Étain,
Or, Argent,
Diamant.

En outre, on connait l'existence de gisements de plomb, de cuivre, etc., qui ne sont pas encore exploités actuellement. (Voir les tableaux III, IV, V pour les renseignements statistiques de production.)

Houille.

Il existait, à la fin de 1901, dix concessions ayant la houille ou le lignite pour objet principal, et trois concessions où ces produits sont des objets accessoires. Les dix premières sont :

Sedan (Rembang-Java), Bahangan (Palembang-Sumatra), Kotta-Baroe (sud-ouest Bornéo), Nanggoelan (Djokjakarta-Java), Tjinako (Indragiri-Java), Louise, Mathilde, Nonny, Poeloe, Miang, Oost Bornéo My (Kotei-Bornéo ouest).

Il faut, en outre, ajouter la mine d'Ombilien exploitée par l'État.

Sedan a été exploitée de 1892 à 1895. Elle est actuellement inexploitée.

Bahangan produit, depuis 1896, quelques centaines de tonnes de lignite.

Kotta-Baroe, sur l'île de Laoet, a été récemment ouverte. On compte produire cette année.

Nanggoelan est une concession de lignite jusqu'ici inexploitée.

Louise, Mathilde et Nonny appartiennent à une Compagnie ayant pour objet principal le pétrole.

La concession Louise et l'Oost Borneo My produisent quelques centaines de tonnes.

En dehors de ces concessions, les indigènes exploitent la houille pour leurs besoins dans le district ouest de Bornéo.

En dehors de la houillère d'Ombilien, le Gouvernement se préoccupe de la mise en valeur de gisements situés dans le district de Bantam (Java). Des essais se poursuivent en ce moment sur l'emploi de cette houille à bord de la marine de guerre.

On trouvera, dans le tableau III, les renseignements statistiques concernant ces diverses exploitations, dont la seule importante est celle d'Ombilien.

Tous les gisements houillers connus se trouvent dans les terrains tertiaires ; en dehors des concessions précédemment énumérées, on trouve encore la houille dans le district de Benkoelen (Sumatra) et en de nombreux points du district sud de Bornéo.

Dès 1856, l'État avait ouvert une exploitation sur les gisements de Pengaron, dans les environs de Martapoera (Bornéo sud). La houillère d'Orange-Nassau produisit de 20 000 à 30 000 t par an, jusqu'en 1869, époque à dater de laquelle la production déclina

peu à peu, pour s'arrêter en 1884. La fermeture de la mine parait être due plutôt à des conditions locales défavorables qu'à une mauvaise qualité des produits. Les difficultés considérables que présentait le transport de la houille sur la rivière de Riam Kiwa, généralement trop basse pour la navigation pendant la saison sèche, et trop torrentueuse pendant les pluies, créaient à cette exploitation une situation commerciale intenable. Il semble que l'échec de cette première entreprise ait pour longtemps découragé toute tentative analogue, car il faut arriver à 1893, pour retrouver une exploitation en pleine marche, celle d'Ombilien.

Mines d'Ombilien.

Ces gisements se trouvent à 100 km environ au nord-est de Padang, dans la région des plateaux. Signalés pour la première fois par De Grève, en 1867, leur richesse, leur régularité et la bonne qualité de leurs houilles les désignèrent à l'attention du Gouvernement qui en refusa à diverses reprises la concession. Toutefois, situés loin de la mer, sans port sur la côte pour assurer le chargement des produits, dans un pays accidenté et présentant des différences de niveau importantes, ces gisements ne pouvaient prendre toute leur valeur qu'après l'exécution de travaux coûteux, et les dépenses à prévoir de ce chef firent hésiter, pendant plusieurs années, le Gouvernement à entreprendre ce travail. Commencé en 1887, il fut terminé en 1898. On creusa le port à Emmahaven sur la côte ouest de Sumatra à 10 km de Padang, et on relia la houillère à ce port par un chemin de fer de 150 km de long, sur un parcours très accidenté, comprenant plusieurs sections à crémaillère (1).

La voie ferrée aboutit à Emmahaven à une estacade métallique permettant de décharger directement le charbon dans les soutes des charbonniers amarrés au-dessous. Ces travaux ont coûté 50 millions de francs, dont 8 millions pour le port.

On exploite à Ombilien trois couches de houille qui s'étendent sur une superficie considérable et dont l'inclinaison est très faible. D'après le Dr Verbeek, le tonnage en vue de ce gisement serait de 200 millions de tonnes; il donne la coupe suivante des terrains :

(1) Voir les chemins de fer aux Indes orientales néerlandaises, par A. Moreau. Bulletin de 1901, 2e semestre, page 943.

Grès	175 m	
Première couche. .	6	
Grès et schistes . .	20	
Deuxième couche .	2	10 m de houille
Schiste houiller . .	0,50	sur 45 m.
Grès et schistes . .	15	
Troisième couche .	2	
Grès et conglomérats	350	

La puissance de ces couches est fort variable, car en 1901 la troisième atteignait 15 m de hauteur en chantier.

Nous donnons ici la composition de la houille d'Ombilien d'après le même auteur :

C.	76,80
H	5,80
O (+ Az)	12,76
S.	0,45
H^2O.	3,49
Cendre	0,70
TOTAL . .	100,00

Cette houille présente un aspect noir brillant; très compacte, elle ne salit pas; bien que d'âge tertiaire, c'est la meilleure des houilles de l'archipel, et, à l'usage, elle peut se comparer aux charbons anglais. Sa composition la range dans la catégorie des houilles sèches à longue flamme de la classification Gruner.

La navigation à vapeur l'emploie couramment, pour tous les services côtiers, comme pour les lignes européennes; toutefois sa densité étant plus faible que celle du Cardiff, il en résulte une certaine difficulté d'emploi pour les longs parcours, de Port-Saïd ou d'Aden à Padang.

Les renseignements suivants, extraits du rapport pour 1901, donnent une idée des résultats de l'exploitation.

Vente : 198 470 t (2 516 415,21 florins).

(Ces ventes comprennent les livraisons à l'État. Le prix moyen ressort donc à 12,70 florins, soit environ 26 f la tonne. Notons que le prix moyen à Emmahaven est de 31 f, tandis qu'aux ports de Java, il n'est que de 25 f. Le Cardiff, par comparaison, se paye à Java, 40 f).

Dépenses comprenant : frais d'exploitation (969 888,12 florins), direction, transport par voie ferrée, mise en stock, transport dans l'archipel, se montent à 1 874 884,65 florins.

Les bénéfices sont donc de 641 530 florins.

Le compte capital, qui était de 1 371 897 florins l'année précédente, s'est augmenté de 195 884 florins ; il faut en déduire 66 081 florins amortis au compte profits et pertes, de sorte que la valeur des installations à la mine et au port ressort à 1 501 700 florins et le bénéfice net est de 575 449 florins, soit 38 0/0 de la valeur des installations.

Main-d'œuvre. — On utilise à Ombilien trois catégories d'ouvriers : forçats — Chinois — Javanais. Il va sans dire que la première fournit la main-d'œuvre la plus économique, son recrutement étant très bon marché, et son rendement satisfaisant. Toutefois, le nombre de forçats allant en diminuant, on est obligé d'avoir recours à des Chinois ou à des Javanais, de préférence à ces derniers. La production moyenne par tête et par journée de travail varie entre 237 et 220 kg.

Pétrole.

De toutes les substances minérales, le pétrole est celle qui présente aux Indes Néerlandaises la plus grande importance, et dont l'exploitation a fourni les résultats les plus substantiels et les plus fructueux, tant en raison du nombre et de la richesse de ses gisements que de la sage administration des principales entreprises. La découverte des premiers « champs d'huile » remonte à 1878 dans le district de Langkat (Sumatra) et la première exploitation s'ouvrit en 1890 seulement, sur les mêmes nappes, après de longues années passées en recherches infructueuses et en hésitations incessantes. L'on avait si peu confiance dans le résultat final de recherches, que les concessionnaires ne se décidèrent à pousser les travaux qu'avec l'appui du Gouvernement, qui contribua à la construction des routes nécessaires et autorisa deux Ingénieurs du Service des Mines, MM. Renauk et Fennema à suivre et à diriger les opérations. Malgré tout, une clause expresse de la concession réservait aux concessionnaires le droit de se retirer en tout temps et d'abandonner les recherches sans autres formalités.

Ultérieurement on a découvert le pétrole à Java et à Bornéo,

et l'on signale sa présence à Céram. Aujourd'hui, on compte 54 concessions ayant le pétrole pour objet principal ou exclusif; dont 32 pour Java et Madoera, parmi lesquelles 25 ne sont pas encore exploitées, et 22 pour les Possessions Extérieures (Sumatra et Bornéo) (1902). Les Indes Néerlandaises se placent au quatrième rang des pays producteurs de pétrole, immédiatement avant la Roumanie. Voici en chiffres ronds le tableau de la production mondiale pour 1901. (Statistique américaine officielle).

Russie	12 100 000	t (pétrole brut).
États-Unis	9 800 000	
Galicie	460 000	
Indes Néerlandaises	430 000	
Autres pays	640 000	
TOTAL	23 430 000	t (pétrole brut).

On trouvera au tableau IV les renseignements sur le développement de la production de 1892 à 1901.

L'importance relative des trois centres de production peut s'apprécier par les chiffres suivants :

Production de pétrole brut 1901 :

Sumatra	286 000 t
Java	87 000
Bornéo	57 000
TOTAL	430 000 t

On trouve les couches de naphte dans les terrains tertiaires et dans les terrains diluviens; comme partout ailleurs, on constate une diminution dans le poids spécifique de l'huile au fur et à mesure de l'approfondissement des sondages. Ceux-ci se trouvent actuellement à une profondeur moyenne comprise entre 250 et 300 m. Le naphte brut donne, d'après M. Ragosine, en moyenne les proportions suivantes de benzine, de pétrole lampant et de mazout.

Benzine	8 0/0
Pétrole raffiné	40 0/0
Résidus	25 0/0

Il se rapproche, par suite, davantage du naphte de Bakou que du pétrole américain, par la faible proportion d'huile lampante qu'il renferme.

A. — Exploitations de pétrole de Sumatra.

1° Compagnie Royale Néerlandaise pour l'exploitation des sources de pétrole.

Cette Société fut formée en 1890 pour l'exploitation de concessions diverses; la première en date est celle délivrée en 1883 à M. Zailkers dans le district de Deli Langkat. Les travaux sur cette concession avaient abouti en 1885 à la découverte d'une nappe d'huile; ce premier sondage fut abandonné l'année suivante et les recherches reprirent en d'autres points, pour finalement se reporter sur le premier terrain où le débit était encore le plus élevé. Grâce au concours de l'État, qui fit ouvrir des routes et procéder à l'exploration de la région, on put mettre sur pied une première installation, bientôt détruite par une explosion, et abandonnée en 1889 malgré les encouragements prodigués par l'Ingénieur du district. Cependant, à la suite des nouvelles découvertes de MM. Renauk et Fennema, l'affaire fut reprise et définitivement mise sur pied par la constitution de la Compagnie Royale au capital de 10 millions de francs. Les travaux d'installation durèrent deux années; une raffinerie fut établie dans la baie d'Aroe (Pankalan-Brandan) et une canalisation de 10 km relia les puits à la raffinerie sur la côte. La puissance de production était de 10000 caisses par jour et les produits s'embarquaient pour les lieux de consommation dans le port de l'île de Sembilan créé de toutes pièces par la Compagnie. Les investigations poussés en tous sens dans le district firent découvrir de nombreuses nappes d'huile et la production s'éleva très rapidement.

En 1892, deux puits jaillissants situés à Tegala Baroe avaient une production journalière de 50 t d'huile brute par vingt-quatre heures. Par des acquisitions successives, la Compagnie arriva en 1896 à avoir des concessions dont la superficie totale était de 90 000 ha.

Pendant les premières années d'exploitation on ne fit que peu de sondages, les puits jaillissant fournissaient un débit considérable et largement suffisant pour la capacité des installations de

raffinage; cependant, en 1898, on constate un grand ralentissement dans le rendement des puits, l'eau commence à les envahir et en 1899 la production tombe au tiers de celle de 1898. Devant cette soudaine diminution de ses ressources, mettant en jeu l'avenir et l'existence même de la Compagnie Royale, celle-ci prit les mesures les plus énergiques pour réparer le mal par la découverte de nouvelles sources; de nombreuses missions d'ingénieurs et de prospecteurs furent envoyées étudier tous les terrains signalés comme susceptibles de renfermer du pétrole. Dans la seule année 1900, des sondages furent entrepris à Perlak (Atchin), dans le district de Palembang, ainsi que dans ceux de Langsar et de Langkat (voir *Pl. 66*).

De toutes ces recherches, seules celles de Perlak devaient aboutir à des découvertes importantes. En 1901, la concession de Perlak fut amodiée à la Compagnie Royale et produisit, à elle seule, les deux tiers du pétrole brut travaillé par les raffineries de la Compagnie. Grâce au débit considérable des puits, le prix de revient de l'huile brute de Perlak ne monte qu'à 6,55 f la tonne. Ultérieurement, les recherches entreprises à Langsar aboutirent à la découverte d'une source jaillissante reliée à la canalisation principale. A Palembang, quelques puits donnèrent également des résultats satisfaisants et furent reliés à la canalisation de la Société Sumatra-Palembang, aussi amodiée à la Compagnie Royale. Depuis 1900, grâce aux sources de Perlak, la Compagnie a su éviter une crise funeste et reprend peu à peu sa position prépondérante sur les marchés de l'Orient.

La production de pétrole raffiné est donnée par le tableau suivant :

Production de la Compagnie Royale (pétrole raffiné).

Années.	Tonnes.	Années.	Tonnes.
1892. . . .	4 130	1898. . . .	159 000
1893. . . .	11 645	1899. . . .	52 000
1895. . . .	33 000	1900. . . .	39 000
1896. . . .	53 000	1901. . . .	95 000
1897. . . .	132 000	1902. . . .	80 000

Les raffineries de la Compagnie peuvent traiter 420 000 t par an.

Sumatra comprend encore d'autres compagnies; nous ne parlerons que des principales (1).

(1) Voir tableau VI la liste des Sociétés de pétrole page 491.

2° Sumatra-Palembang.

Cette Société a été fondée en 1897 pour exploiter une concession dans le district de Palembang. La profondeur des sondages varie entre 180 et 200 m et la production varie fortement d'un mois à l'autre à raison de l'irrégularité de débit des puits. Une canalisation de 31 km relie les puits à la raffinerie de Bajung-Lantjir mise en marche en 1900 et qui peut traiter 100 000 t par an.

Depuis 1902, cette Compagnie est entièrement entre les mains de la Compagnie Royale, qui a pris l'exploitation à bail et a relié ses puits au sud de Milianum à la canalisation déjà existante.

Production de pétrole brut de la Sumatra-Palembang en tonnes :

Années.	Tonnes.	Années.	Tonnes.
1899. . .	20 160	1901. . .	22 420
1900. . .	23 225	1902. . .	15 484 (9 mois)

3° Moeara-Enim.

La fondation de la Compagnie remonte à 1897. Elle exploite dans le district de Palembang trois concessions :

a) *Kampong-Minjak*, où les sondages ont permis de reconnaître l'existence dans le miocène de trois nappes d'huile, la première entre 73 et 84 m, la seconde entre 190 et 210 m et la troisième entre 320 et 340 m. On a, en outre, rencontré une couche de lignite entre la première et la deuxième nappe.

b) *Bandjar-Sarecj*, acquise en 1899, au voisinage d'une concession de la Compagnie Royale.

Une canalisation de 166 km de longueur, avec quatre relais de pompes Worthington à haute pression, relie les deux concessions précédentes à la raffinerie de Moeara-Peladjoe près de la ville de Palembang.

c) *Babat*, concession acquise en 1899. Deux bancs de sable dans le terrain diluvien, recoupés, le premier entre 58 et 195 m, le second, entre 157 et 315 m, ont donné des résultats peu satisfaisants. Une couche d'ozokérite de 0,35 m a été reconnue à 120 m de profondeur.

d) *Kollock*, près d'Ombilien. Des recherches infructueuses ont été poursuivies sur cette concession de 1899 à 1902. Ces recherches ont coûté 250 000 f et n'ont abouti qu'à la découverte d'une huile très légère contenant une grande quantité de paraffine.

La raffinerie de la Compagnie à Moeara-Peladjoe peut traiter 500 000 t de pétrole brut par an.

4° Moesi-Ilir.

Cette Compagnie, de fondation récente (1901), est établie dans le même district de Palembang. La concession est reliée à la raffinerie sur la côte par une canalisation de 164 km en quatre relais. La capacité de la raffinerie doit permettre de traiter 250 000 t par an.

B. — Exploitations à Bornéo.

1° Compagnie Royale.

La Compagnie Royale opère des recherches en différents points, à l'île Miang et sur la côte est entre les parallèles de 1 degré nord et sud. Les explorations entreprises dans le sud et le sud-est de Bornéo ont été infructueuses; on a trouvé sur les terrains de la Compagnie d'exploration de Koetei des sources à forte teneur de paraffine. Enfin à Sanga-Sanga on a des puits productifs.

2° Compagnie Néerlandaise de Commerce et d'Industrie.

Cette Société, qui a son siège à Amsterdam, est contrôlée par la maison Samuel, de Londres, et se trouve en relations commerciales directes avec la Shell Transport et Trading C°, société anglaise faisant le commerce du pétrole, qui est également contrôlée par le même groupe. Les concessions de cette Société se trouvent au voisinage de Balik-Pappan et de Samarinde. Dans le premier centre, les sondages ont recoupé deux nappes : l'une à 210 m où l'huile est très lourde et mélangée à beaucoup d'eau, l'autre à 430 m où l'huile est plus légère.

A Sanga-Sanga, la présence du pétrole s'annonçait par des bulles gazeuses venant crever à la surface de la rivière, dont les rives sont imprégnées de dépôts de produits lourds. Une tren-

taine de puits forés dans cette région ont rencontré les couches suivantes :

1re couche		de 42 à 63 m	huile lourde
2e	—	à 115 m	»
3e	—	à 190 m	»
4e	—	à 252 m	huile légère (0,86)

La raffinerie installée à Balik-Pappan est la plus importante de toutes les Indes; elle peut traiter 600 000 t en 300 jours de travail. Une fabrique d'acide sulfurique est installée comme annexe et pourra alimenter toutes les raffineries des Indes.

C. — Exploitation à Java.

1° Compagnie Dortsche.

Cette Société fut fondée en 1887 pour la recherche et l'exploitation du pétrole. Les premières recherches furent exécutées aux environs de Soerabaga; la première concession fut prise aux « douze villages » (Laniangan); de 1887 à 1889, on découvre d'autres sources sur la concession de Djabakota. En 1890, une première réorganisation porte le capital de la Société à 10 millions de florins. Le nombre des concessions augmente et, en 1897, leur superficie totale atteignait 450 000 ha, dont 320 000 ha à Java et à Madoera. La première raffinerie fut construite en 1888 et commença à produire en 1889. L'année suivante a commencé la fabrication des huiles de graissage. En 1899, une deuxième réorganisation prend place, on crée une nouvelle Société, qui rachète les actions de la première et dont le capital est de 20 millions de florins. La production en raffiné suit une marche ascendante très rapide et passe de 230 t en 1889 à 13 000 t en 1894 (1). Les terrains traversés par les sondages sont généralement des argiles tendres et des sables; on ne rencontre que rarement de minces couches de calcaire ou de grès. La sonde rotative avec injection d'eau est généralement employée et l'on n'a recours à la sonde canadienne que pour des terrains plus résistants, comme à Rembang et à Madoera. La profondeur à laquelle on rencontre le pétrole varie entre 160 et 420 m.

Aujourd'hui la Société possède trois raffineries : l'une à Vono-

(1) Voir tableau VII, page 492.

cromo (Soerabaya), la seconde à Ngareng (Blora), la troisième à Samarang. Celle de Ngareng est la plus importante. La capacité totale de traitement est de 130 000 t d'huile brute par an. L'huile de Madoera est amenée à Vonocromo par des vapeurs, tandis qu'un réseau de canalisations d'une longueur totale de 200 km relie les différents puits aux raffineries.

En dehors de la Dortsche, il existe de nombreuses Sociétés d'importance secondaire (1). La Java Compagnie est la seule qui possède une raffinerie.

Prix de revient. — Le prix de revient varie considérablement avec les conditions particulières du gisement ; nous avons indiqué le prix extraordinairement bas de l'huile brute de Perlak qui est de 6,55 f par tonne ; c'est une exception ; néanmoins on peut admettre que le prix de revient moyen de la tonne de pétrole raffiné en citernes varie entre 51 et 62 f suivant les Sociétés. Ce prix s'entend en y comprenant toutes les dépenses aux Indes et en Europe, les frais d'administration et autres.

Prix de vente. — La valeur d'une tonne en citernes était, en 1903, de 135 f, droits non compris, emballée en caisses de 37 l, et droits compris, elle était de 240 f. Par comparaison, les prix correspondants à New-York sont de 160 f en citernes et 205 f en caisses, *droits non compris.*

Le prix de vente de la caisse à Java a varié, au cours des dernières années, entre 5,25 f et 9,50 f (2).

Renseignements commerciaux. — Dans leur emploi pour l'éclairage, on peut classer les pétroles dans l'ordre suivant de qualité décroissante :

Américain, Russe et Sumatra, Java, Bornéo.

Ces différences dans les qualités éclairantes des produits (3) proviennent des variations de la composition chimique des divers carbures distillant à une même température, les poids spécifiques de ces fractions allant en augmentant quand on passe du pétrole américain au pétrole de Sumatra et de ce dernier au pétrole de Bornéo. Pour la marque de Java, son infériorité est plutôt une conséquence des exigences particulières de la consommation lo-

(1) Voir tableau V, page 490.
On trouve au tableau IX un devis des frais de sondage à prévoir dans la recherche des nappes d'huile.
(2) Voir tableau VIII, page 493.
(3) Ragosine. *Petroleum Review*, 1908.

cale. Le pétrole se trouve répandu à Java dans toutes les agglomérations indigènes, qui absorbent la majeure partie de la production, et pour de tels consommateurs il est plus avantageux d'avoir des produits bon marché et de pouvoir éclairant médiocre, qu'un produit cher et de meilleure qualité. Il y a donc tout avantage à ne pas chercher à raffiner le pétrole de Java au détriment du prix de vente.

Avant la découverte des pétroles de l'Insulinde, le commerce de cette substance en Asie était principalement aux mains des Américains, avec quelques exportations d'origine russe. La Standard Oil américaine, d'une part, la Shell Transport et Trading C°, maison anglaise de l'autre, monopolisaient, en quelque sorte, le marché asiatique. A la suite des beaux résultats obtenus à Sumatra et à Java, de nombreuses tentatives furent faites par les groupements étrangers pour obtenir des concessions ou en contrôler l'exploitation au moyen de quelque combinaison financière. Jusqu'à présent, la *Standard* n'a réussi à mettre la main sur aucune des affaires indo-hollandaises, tandis que la *Shell* se trouve étroitement liée au développement de la Société néerlandaise de Commerce et d'Industrie de Bornéo, ces deux affaires étant contrôlées par la maison anglaise M. Samuel, de Londres. A l'exception de cette seule Société, les autres affaires de pétrole sont purement hollandaises, en ce qui concerne la gestion et la direction.

Les deux plus importantes de ces Sociétés sont la Compagnie Royale et la Dortsche. Mais, grâce à leur situation géographique respective, la première à Sumatra et Bornéo, la seconde à Java et Madoera, grâce aussi aux facilités spéciales que trouvait la Dortsche à Java pour le développement de la vente indigène, ces deux Sociétés ont pu augmenter leur production et élargir leurs opérations sans avoir à se faire de concurrence ruineuse.

La Dortsche trouve, à Java, un débouché commode pour son pétrole lampant parmi la population indigène; sa paraffine s'emploie dans la fabrication des bougies et la préparation des indiennes; enfin son mazout est d'un emploi courant dans les sucreries et sur les voies ferrées. Elle se trouve ainsi maîtresse du marché intérieur, la plupart des autres Sociétés de l'île ayant passé des contrats avec elle pour le raffinage de leurs produits et l'exploitation de leurs concessions.

La Compagnie Royale, obligée de chercher au dehors un débouché qu'elle ne pouvait trouver à Sumatra, beaucoup moins

peuplée s'est, dès le début, préoccupée d'organiser des dépôts et des agences de vente dans tout l'Extrême-Orient (1). Dès 1892 elle avait une agence à Singapour; elle possède aujourd'hui :

En Europe : une raffinerie et un dépôt de pétrole à Rotterdam, une raffinerie de benzine à Reinholz près Dusseldorf;

En Asie : des installations de dépôt et de vente dans les principaux ports des Indes anglaises, à Bangkok et Singapour, en Chine, à Hong-Kong, Hankow, Trochow, Amoz, Skatow, etc.

Elle possède une flotte de sept vapeurs pour le transport du pétrole dont un de 7 000 t; elle frète, en outre, des vapeurs particuliers et a installé, en face de Singapour, sur l'île Samboe ses dépôts généraux.

Elle a commencé, récemment, l'importation de la benzine en Europe (20 000 t en 1902) et trouve son fret de retour dans les pétroles de la mer Noire.

Jusqu'en 1902, les autres Compagnies de Sumatra se trouvaient presque toutes sous la dépendance de la Compagnie Royale, qui a affermé, en particulier, la Sumatra-Palembang. Seules les deux Sociétés Moeara-Enim et Moesi-Ilir ont confié leur vente à la Shell Transport et Trading C°.

Cette dernière a installé une série de dépôts de mazout sur tous les points d'escale des navires se rendant en Extrême-Orient, canal de Suez, Colombo, Singapour, Soerabaja, Batavia, Cherebon, Bangkok, en Chine, au Japon et en Australie, les points d'approvisionnement étant, aux Indes, Palembang à Sumatra, et Balik-Pappan à Bornéo.

Le mazout devient aussi un combustible pratique pour les navires se rendant en Asie; il est, du reste, employé par tous les steamers de la Malle Royale néerlandaise dans les services de l'archipel et par certains vapeurs du Nord-Deutscher Lloyd.

Les divers intéressés dans le commerce du pétrole, en Asie, ont constitué, en 1903, une Société unique de vente, l'Asiatic Petroleum C°, afin de mettre un terme à la concurrence ruineuse qu'ils se faisaient entre eux et arrêter la baisse des prix.

Constituée par les trois groupements : Rothschild, Compagnie Royale et Shell Transport et Trading C°, cette Société assure la vente, dans toute l'Asie, de toutes les Sociétés productrices, y compris celles de la Birmanie. Pour Java, elle a conclu un accord

(1) Cette organisation commerciale a permis à la Compagnie de traverser sans encombre la crise difficile de 1898-99 lors de la diminution du rendement de ses puits. Elle a pu maintenir ses ventes à l'aide de pétrole importé de Russie et d'ailleurs.

avec la Dortsche, aux termes duquel cette dernière assure la vente des produits de l'Asiatic dans l'île et lui confie, en retour, son exportation. La Standard américaine semble se désintéresser peu à peu du marché asiatique. D'ailleurs, la production américaine diminue sensiblement et le pétrole américain de qualité supérieure s'écoule avec plus d'avantages sur les marchés euro-ropéens.

Le résultat de cette entente entre les grands producteurs a été naturellement de relever les prix, qui avaient beaucoup baissé jusqu'en 1902 (1).

Il est bien difficile de dire quel avenir est réservé à cette industrie si florissante depuis quelques années, les renseignements au sujet des travaux de recherches et du rendement des puits faisant généralement défaut. Considérée dans son ensemble, la production tend à augmenter sensiblement après avoir subi une période d'arrêt en 1898-99 à la suite de la diminution du rendement des sources de Langkat. Toutefois, il est permis de croire à un développement futur assez considérable, si l'on remarque que l'ensemble des raffineries existantes peut traiter par an 2 millions de tonnes, et qu'elles ne traitent guère plus d'un million de tonnes à l'heure actuelle.

Étain.

GÉNÉRALITÉS. — Si le pétrole est l'industrie minière la plus jeune des Indes, l'exploration des alluvions stannifères est, au contraire, une des plus anciennes. Au XVIIIe siècle, les gisements de l'île de Banka, qui dépendait du sultan de Palembang (Sumatra), étaient exploités comme domaine du sultanat, par des ouvriers chinois et par des indigènes, sous la surveillance des délégués du Sultan. Le représentant du Sultan traitait à forfait avec des entreprises chinoises pour la livraison de tout l'étain qu'elles pouvaient extraire annuellement à un prix fixé d'avance. Les Chinois s'associaient à plusieurs pour l'exploitation; souvent même, tous les ouvriers se trouvaient faire partie de l'association qui installait les maisons nécessaires, faisait les défrichements, les travaux d'endiguement, de canalisation, d'extraction et d'enlèvement de la découverte, de construction des fours, de car-

(1) Voir Tableau VIII, page 493.

bonisation du bois, etc. Outre le personnel intéressé à l'entreprise, la Société comprenait en outre des salariés divers, cuisiniers, jardiniers, gardiens de travaux, brûleurs d'eau-de-vie de riz, charbonniers, etc., qui n'avaient point part à la répartition des bénéfices.

Lorsque la Compagnie des Indes voulut exploiter à son tour Banka, elle dut traiter avec le Sultan de Palembang, laissant ainsi subsister les choses en l'état, se bornant à indiquer chaque année la quantité d'étain dont elle désirait la livraison. Il en fut ainsi jusqu'aux guerres du premier Empire, qui eurent pour résultat la ruine de la Compagnie et l'établissement de la suprématie anglaise (1813-1816). Le Sultan de Palembang fut immédiatement mis de côté et le résident anglais traita avec les délégués du Sultan à Banka, les *kongsies*, qu'il trouvait sur place et qu'il eût été difficile de remplacer par une autre organisation. Lors du retour à l'administration hollandaise, les kongsies disparurent et, depuis, l'organisation a toujours été une entente entre le résident et les associations chinoises pour la livraison à prix ferme de l'étain produit annuellement, sauf quelques modifications de détail que nous indiquons plus loin. Ces associations chinoises sont aujourd'hui également appelées *kongsies*.

Banka est ainsi la plus ancienne entreprise minière exploitée par des Européens en Asie, les deux autres exploitations d'alluvions stannifères, à Billiton et à Singkep, datant, la première, de 1857, la seconde de 1887.

En dehors des trois îles de Banka, Billiton, Singkep, il n'y a jusqu'à présent aucun autre gisement exploitable connu ; la cassitérite a été signalée sur la côte est de Sumatra comme sur la côte ouest de Bornéo.

La zone des dépôts stannifères, dans la Malaisie, figure une bande de largeur variable qui couvre toute la partie occidentale de la presqu'île de Malakka, l'archipel de Riouw, une partie de la côte est de Sumatra, s'incurvant ensuite vers l'est pour englober les îles de Banka et de Billiton. En prolongeant cette ligne vers le sud-est, on arrive à Florès et Timor, où la présence de l'étain n'a pas encore été définitivement établie.

Gisements stannifères.

Les gisements exploités sont tous des dépôts d'alluvions. Exceptionnellement, on rencontre dans la granulite ameublie et

kaolinisée des stockwerks, exploités alors comme des gîtes d'alluvions (1).

Le sous-sol des îles de Banka, Billiton et Singkep est constitué par de puissantes assises de schistes très redressés et par de nombreux pointements granitiques qui se font jour au travers des couches schisteuses.

Les schistes sont presque partout recouverts par des dépôts quaternaires et récents, et le granit n'apparaît à la surface qu'en quelques points sur la côte et sur les massifs montagneux au centre de ces îles. Ces assises de schistes comprennent des grès, des quartzites, des schistes micacés, des schistes à tourmaline, des cornéennes, des tufs et des brèches. Elles sont fréquemment recoupées (Banka) par des dykes de diabase. Le granit est, soit de la granulite, soit un granit à hornblende et mica ; le redressement des couches ne paraît pas dû à son action, mais a précédé son apparition, ainsi qu'il résulte de nombreuses observations faites sur le pendage et la direction de ces couches au voisinage de dômes de granit.

La venue de l'étain a été postérieure à la solidification du granit, et la cassitérite a été déposée dans les clivages et les cassures de couches schisteuses, ainsi que dans les fentes du granit par des eaux minérales contenant, outre l'acide stannique, de la silice et les composés du fer, en formant des filons dont le remplissage consiste en quartz, wolfram, cassitérite et tourmaline. Elles ont imprégné également le granit, mais on n'observe pas de larges filons dans cette roche, qui se trouve plutôt imprégnée par les solutions stannifères. Il semble que le fluor n'ait pas joué un grand rôle dans la minéralisation, à Banka tout au moins, car on n'y rencontre pas de spathfluor et très peu de tourmaline et de topaze.

Les dépôts d'alluvions qui constituent les gisements actuels de l'étain recouvrent la majeure partie du sol des îles d'une couche d'épaisseur variable, plus grande dans les vallées et au voisinage de la côte. Leur puissance varie depuis 1 m jusqu'à 20 et 25 m. Ce sont des lits successifs et plus ou moins réguliers de fragments quartzeux, d'argile et d'oxyde de fer. La couche utile, renfermant la majeure partie de la cassitérite, car il s'en trouve souvent dans toute l'épaisseur des alluvions, mais en proportion infime, forme la base de ces dépôts. Elle porte le nom de *kaksa*

(1) Voir dans les *Annales des Mines des Indes néerlandaises*, de 1897, le très intéressant et très complet mémoire du docteur Verbeek, sur les étains de Banka.

dans toutes les exploitations des Détroits, et sa puissance varie généralement entre 0,15 m et 0,40 m. Elle atteint exceptionnellement 1 m. On trouve parfois deux couches de *kaksa* séparées par un lit de stériles. La roche en place, à la base du dépôt, porte le nom de *kong* : c'est, soit de la granulite, soit un schiste très décomposé.

La kaksa est constituée en majeure partie par des fragments de quartz dont la grosseur varie depuis le grain de sable jusqu'à des masses nécessitant le concassage au marteau, mais très friables. Le quartz forme de 80 à 95 0/0 de la masse totale, il est agglutiné avec de l'argile renfermant divers fragments de granit ou de schistes. La teneur en cassitérite (SnO^2) varie entre 10 0/0 et 2 0/0 et moins encore. Outre la cassitérite, la kaksa renferme encore des produits rares comme des fruits et des coquilles fossiles, de la bauxite (Banka), de la topaze (Billiton), de la monaxite (Banka-Singkep), de l'urane (Singkep) et une série de minerais qui sont l'or, le wolfram, la galène, la malachite, le cuivre natif, du fer et du manganèse, en proportions infimes et généralement inexploitables. A Singkep cependant, l'or, un peu plus abondant, pourrait être recueilli et séparé, et on récolta pendant longtemps, à Billiton, le wolfram à raison de sa valeur marchande, qui a beaucoup baissé depuis.

Exploitation.

Les procédés d'exploitation des alluvions stannifères sont à peu près les mêmes dans la presqu'île de Malakka que dans les îles de l'archipel indo-hollandais. On s'est trouvé, dès le début de l'arrivée des Européens, en présence d'une situation de fait créée par les exploitants chinois, et l'on s'est contenté le plus souvent à laisser ces derniers conduire le travail à leur guise, en se bornant à fixer les périmètres à exploiter par chaque entreprise et à apporter quelques améliorations dans l'épuisement des eaux, le transport des terres. En même temps, l'organisation du travail recevait des modifications importantes dont nous parlerons plus loin.

Nous décrirons les procédés usités à l'île de Singkep ; ils sont, au reste, copiés, sauf des changements peu importants, sur les méthodes suivies à Banka et Billiton.

L'exploitation comprend deux services principaux : celui des recherches et celui de l'extraction.

a) *Recherches.* — Le service des recherches détermine, à l'avance, par une étude des gisements, la teneur en étain des vallées encore inexploitées. Il permet aussi de procéder au lotissement de ces vallées, à la répartition ultérieure des terrains entre les divers entrepreneurs.

L'étude des vallées et des dépôts d'alluvions se fait au moyen de sondages. Les outils de sondage sont manœuvrés à la main, et l'on exécute le sondage avec tubage qui précède l'outil de sonde dans l'avancement. On emploie deux diamètres, suivant la profondeur à atteindre ; le plus petit étant de 114 mm. En outre, on se sert de la sonde chinoise pour déterminer à l'avance la cote du kaksa, de manière à prélever à coup sûr, avec la sonde ordinaire, l'échantillon correspondant à la puissance totale du gîte utile. Les trous de sonde sont espacés de 10 m en 10 m en quinconces.

Le résultat de cette étude est de fournir à l'exploitation des plans indiquant le périmètre à exploiter, le nombre d'ouvriers nécessaires à l'exploitation pour une année, le poids total du minerai à recueillir. Les calculs sont basés sur des résultats d'expérience dont les deux principaux sont les suivants :

1° Un coolie chinois effectue dans une année un transport de terre correspondant à 450 m³ sur une distance de 50 m environ (1);

2° Un terrain est exploitable avec profit, dans ces conditions, si le rendement en minerai atteint au moins six picols par coolie et par an (1 picol = 61,7 kg).

b) *Extraction.* — Avec ces données, le service de l'extraction prépare les contrats d'entreprises avec les associations chinoises (les *kongsies*). Ces contrats sont d'une année et stipulent le prix du picol d'étain livré dans les magasins de la Compagnie par les soins du kongsie. Les bases du contrat sont les suivantes : la Compagnie fournit la main-d'œuvre (coolies), le matériel nécessaire, assure l'entretien du matériel, paye les frais de défrichement et la moitié des frais d'établissement de la conduite d'eau et des logements ouvriers.

Tous les autres frais sont à la charge du kongsie : salaire, nourriture, transport, etc., mais il trouve encore une source de bénéfices dans l'exploitation d'un magasin de denrées diverses et d'une buvette.

(1) Le cube était de 300 m avant l'introduction du travail à la tâche et des primes.

Le contrat comporte toujours le paiement d'un minimum en espèces; au règlement annuel, quel que soit le montant des avances consenties en cours d'année au kongsie et même si celui-ci se trouve en débit.

En pratique, la Compagnie ouvre ce compte spécial pour chaque entrepreneur en inscrivant à son débit tous les salaires et dépenses diverses dont elle lui fait l'avance en cours d'année. Elle règle directement les coolies. Au crédit du kongsie se trouve portée la valeur de l'étain livré par la mine calculée au prix convenu.

Le règlement des comptes se fait vers la fin de l'année chinoise (fin janvier-février).

L'extraction part du point le plus élevé du thalweg et se fait par tranches successives, la terre de la première découverte étant rejetée au dehors, celle de la seconde portée sur la première, après épuisement du minerai, etc. L'écoulement des eaux est assuré par un drain amenant toutes les infiltrations dans un puisard au centre de la première découverte. Des pompes chinoises à chapelet remontent les eaux jusqu'à la surface; elles sont mises en mouvement, soit à bras, soit par des roues hydrauliques.

Le minerai est lavé dans de grands sluices en bois, ayant 1 m de large et 13 m de long. Après triage et classement, il est ensaché et transporté aux magasins. La cassitérite ainsi obtenue tient de 70 à 74 0/0 d'étain.

Perfectionnements apportés a l'exploitation.

Les procédés d'épuisement et d'extraction ont été, à Banka, l'objet de perfectionnements importants. Ils consistent principalement en l'adoption graduelle de l'épuisement par pompes centrifuges au lieu de la pompe chinoise à chapelets. En outre, pour certaines exploitations importantes, on a installé des transports par chaîne flottante.

On préfère, à Banka, employer des installations légères, démontables, facilement transportables, pour les transports comme pour l'épuisement, au lieu des voies lourdes et des appareils encombrants comme les dragues adoptées ailleurs.

Les mines de Banka ont été, pendant longtemps, exploitées sans contrôle ni direction technique, sous la simple surveillance d'*administrateurs*, fonctionnaires civils, dépendant du résident de

Banka ; à partir de 1853, on voit intervenir les Ingénieurs des mines, avec le simple rôle de conseils, mais ce n'est qu'en 1889 que ceux-ci sont devenus les véritables dirigeants de l'entreprise. Les contrats passés avec les kongsies par le résident, sont régis par un règlement de 1891. Il prévoit que le prix du picol d'étain peut varier de 42 f à 27 f, suivant les conditions des gisements. Dans les conditions particulièrement défavorables, on admet une surprime de 2 f.

Le travail à la tâche a été introduit en 1881 et appliqué successivement à l'enlèvement ou à l'entraînement, par courant d'eau des morts terrains, ainsi qu'au lavage du minerai. Le travail journalier est inscrit au livret de chaque ouvrier, tandis qu'il reçoit comptant le paiement de tout travail supplémentaire.

Grâce à une utilisation plus judicieuse des forces de l'ouvrier, on est arrivé ainsi à augmenter considérablement la production, sans modifier le prix de revient, le salaire moyen de l'ouvrier passant de 400 f à 625 f, en vingt ans (1880-1900).

Traitement des minerais.

Le minerai de Banka est remarquablement pur ; les seules impuretés sont le quartz et le fer. Le traitement consiste, par suite, en une simple fusion réductrice sans grillage, opération donnant peu de scories.

L'étain est ensuite soumis à un raffinage à basse température, de manière à concentrer l'étain aigre à peu près inutilisable.

La totalité des minerais de Banka est ainsi traitée au four à manche avec du charbon de bois, tandis qu'à Billiton, on ne traite qu'une partie du minerai, le reste étant vendu à Batavia ou à Singapour. A Singkep, on vend tout le minerai produit aux usines de Poeloe-Brani, en face de Singapoure. Ces usines traitent également la majeure partie des minerais de la presqu'île de Malakka. Elles emploient le four à réverbère.

Résultats. Statistique. Production.

Le prix de revient de la tonne d'étain de Banka, rendue dans les magasins de l'État, à Muntok, a varié au cours des dix dernières années entre 810 et 660 f, rendue à Amsterdam ; le prix de revient varie entre 1 088 et 840 f. Le prix de vente varie considérablement d'une année à l'autre ; il était de 3240 f en

1900 et de 2 870 f en 1901 (Amsterdam). Les bénéfices réalisés par l'État, en 1901, par les ventes d'étain de Banka, s'est élevé à 29 millions de francs. Banka, Billiton, Singkep, tel est l'ordre dans lequel se classent les trois centres de production, tant au point de vue de la richesse des gisements que de leur nombre et du tonnage de la production; en tenant d'ailleurs compte de la superficie respective de ces îles, qui est de :

11 340 km²	pour	Banka;
4 594	—	Billiton;
496	—	Singkep.

On trouvera au tableau X la statistique de la production de ces trois îles depuis 1892; pour apprécier l'importance relative de cette industrie, nous donnons ci-dessous le détail de la production mondiale pour 1900 :

Étain des Détroits	60 000 t
Europe, Angleterre, Allemagne, Autriche.	11 000
Bolivie	4 800
Australasie	4 100
TOTAL	79 900 t

Dans la prodution des Détroits,

Banka entre pour	12 400 t
Billiton —	4 710
Singkep —	890
TOTAL	16 080 t

Soit 30 0/0 de la production des Détroits et 22,5 0/0 de la production mondiale.

Avenir des exploitations. — Il est intéressant de se rendre compte de la production totale de ces îles depuis le commencement du XVIII[e] siècle. Voici le relevé qu'en a fait le D[r] Verbeek pour Banka :

1[re] période :	Compagnie des Indes.	1718 à 1812.	66 500 t
2[e] —	Domination anglaise	1813 à 1816.	4 820
3[e] —	— hollandaise.	1817 à 1820.	4 930
4[e] —	— —	1821 à 1880.	226 000
5[e] —	— —	1881 à 1900.	139 000
	TOTAL		441 250 t

En 1897, les sondages exécutés permettaient d'évaluer à 2 millions de picols (120 000 t) l'étain à retirer des terrains déjà explorés. En y ajoutant 1 million pour les terrains encore inexplorés, on arrive à cette conclusion que Bankar enfermait environ 600 000 t d'étain, dont il reste 180 000 à extraire. Cela revient à dire, qu'au taux actuel de l'extraction, Banka sera épuisé en dix-huit ou vingt ans.

Pour Billiton, la production totale, depuis le début de l'exploitation (1852) jusqu'à 1900, est de 152 000 tonnes. Beaucoup moins riche, ses réserves sont moins bien connues, mais ne peuvent être comparées à celles de Banka. Il en est de même, toute proportion gardée, pour Singkep, qui a produit, de 1892 à 1900, 4 900 tonnes.

L'épuisement des mines de Banka n'aurait pas une très grande influence, semble-t-il, sur le marché et les prix de l'étain. En premier lieu, les mines de Malakka sont loin d'avoir atteint leur complet développement; il en est de même pour celles de la Tasmanie, sans parler des gisements stannifères de l'Alaska, qui paraissent de nature à contribuer bientôt pour une part importante dans la production stannifère. Il reste enfin les gisements de la Chine, très riches, croit-on, et sur lesquels on n'a que des renseignements très vagues.

Compagnies de Billiton et de Singkep. — La concession de Billiton a été octroyée, en 1852, au prince Henri des Pays-Bas et au baron de Serooskerk pour une durée de quarante ans. Elle comporte l'exploitation de toutes les substances minérales du sous-sol, ainsi que la culture des terrains non occupés sur l'île. Un troisième concessionnaire, M. Loudon, fut adjoint en 1857. La Compagnie actuelle fut constituée, en 1860, au capital de 5 millions de florins, dont 2 500 000 en actions pour l'achat de la concession. En 1892, la concession fut renouvelée pour trente-cinq ans, mais à des conditions très onéreuses pour la Compagnie, qui doit verser au Trésor chaque année les 5/8 du soldé créditeur de son compte de profits et pertes. Le siège social est à la Haye. Le Gouvernement possède un représentant au sein du Conseil d'administration.

Les actions de 1 000 florins ont reçu, de 1892 à 1900, les dividendes suivants : 34, 16, 16, 18, 50, 175, 468, 325 florins. Les 2 500 actions de fondateur ont, en outre, un dividende de 5 0/0, soit 50 florins.

La concession de Singkep date de 1887. Elle a été délivrée par le sultan de Riouw, avec approbation gouvernementale, à M. Du Cloux pour cinquante ans. Elle ne comporte que le droit d'exploiter les mines sans droit de culture. La Compagnie actuelle, constituée en 1889, est au capital de 1 500 000 florins et 2 000 parts de fondateur. La redevance au sultan comporte : *a)* 5 0/0 de la production annuelle en nature avec minimum de 50 picols; *b)* un droit de 5 florins par 3 picols, ce droit calculé sur le même minimum de 3 000 picols de production annuelle.

Le siège social est à la Haye. Depuis 1900, la Société exploite une concession à Kedah (presqu'île de Malakka) dont les produits apparaissent sous la même rubrique que ceux de Singkep. Les dividendes distribués jusqu'ici ont varié entre 4 et 10 0/0.

Or. — Argent.

Généralités. — La présence de l'or dans certaines parties de l'Insulinde est connue depuis longtemps. On sait que les orfèvres de Sumatra et de Célèbes avaient acquis une réputation méritée d'habileté dans l'exécution de bijoux en filigrane d'or d'une remarquable finesse de travail. Les Chinois, d'autre part, exploitent depuis des temps immémoriaux des sables aurifères dans l'ouest et le sud de Bornéo. Aujourd'hui, l'industrie des orfèvres indigènes tend à disparaître peu à peu; les bijoux se font plus rares depuis que la recherche de l'or est abandonnée par les habitants du pays. On ne fabrique plus à Sumatra que des filigranes d'argent, en employant comme métal la piastre mexicaine.

Les gisements aurifères connus et exploités se trouvent dans les trois îles de Sumatra, de Bornéo et de Célèbes. La première exploitation européenne fut celle de la mine de Ban-Pin-San (Bornéo ouest); ensuite vinrent les découvertes de nord Célèbes en 1897, et peu à peu la création d'entreprises minières sur des filons au centre de Sumatra (Redjang-Lebong). Les nouvelles propagées, d'abord à Java, puis en Hollande, sur la richesse de ces nouveaux gisements, excitèrent vivement la curiosité du public néerlandais. On vit éclore à Batavia, comme à Amsterdam, une foule de Sociétés de recherches et d'exploration; on crut à cette époque, où l'on assistait aux résultats chaque mois plus brillants des mines de Deep Level du Transvaal, que le nord des Célèbes deviendrait un second Witwatersrand. Les demandes de permis de recherches affluèrent au bureau du rési-

dént de Menado, et il n'y eut bientôt plus un coin de libre dans toute l'étendue de la péninsule. De tout ce beau feu, il ne reste aujourd'hui que le souvenir. Après des années, où l'argent fut dépensé largement en explorations coûteuses et souvent inutiles (1), les Sociétés d'exploration ont peu à peu arrêté leurs travaux. Les permis de recherches sont abandonnés et l'on n'a plus à enregistrer aujourd'hui que l'existence d'un petit nombre de Compagnies travaillant régulièrement des gisements bien définis.

A. — Sumatra.

Dès le XVII[e] siècle se trouve à Salida, près de Painan, une exploitation aurifère ouverte par les soins de la Compagnie des Indes, sur un filon de quartz que les indigènes du pays connaissaient et exploitaient par broyage dans des mortiers en pierre et lavage à la batée. Les minerais riches, triés sur place par les agents de la Compagnie, étaient exportés vers l'Europe, vendus à Amsterdam et fondus en Allemagne.

A l'heure actuelle, on a reconnu l'existence de l'or dans diverses formations aurifères (2) : ce sont d'abord dans les schistes anciens et le granit, au contact de dykes, des filons quartzeux où l'or est associé à l'argent dans des pyrites, comme à Mandehling, dans le nord, près d'Ophir, et à Soepayang, entre le volcan de Merapi et le pic d'Indrapoura. Ensuite, des alluvions produites par l'érosion des gisements précédents. On a même signalé à ce sujet l'existence d'anciens lits de rivières qui pourraient devenir intéressants au même titre que les deep leads de la Californie. Une dernière série de gisements se rattache à la grande venue éruptive post-tertiaire qui a soulevé en particulier les couches de houilles d'Ombilien. Ces roches andésitiques sont elles-mêmes recoupées par des dykes de balsate et de phorphyre, et les filons en relation avec ces roches sont localisés soit au contact avec les terrains sédimentaires encaissants, soit encore au contact avec les dykes de basalte et de porphyre.

C'est à ce dernier système que se rattachent les filons exploités par la Compagnie de Redjang-Lebong et celle de Lebong-Soelit, ainsi que celui de Salida mentionné plus haut.

(1) On estime (S. J. Truscott) que l'argent dépensé en recherches seules atteint plus de 12 millions de francs.

(2) D'après M. R. D. Verbeek. Conférence à la Société de Géographie. La Haye, 1903.

Mine Redjang-Lebong.

Découverte en 1896, cette mine (1) se trouve sur le versant oriental de la chaîne principale des montagnes de Sumatra. On y arrive de Benkdelen, sur la côte ouest, par une route de 158 km. Elle a été l'objet d'importants travaux exécutés par les indigènes sur les affleurements et même en profondeur, car de vieilles galeries ont souvent gêné les travaux actuels. Ce gisement se trouve au contact entre des dykes d'andésite au mur et des phyllites au toit; il est formé d'une masse quartzeuse renfermant de l'or et de l'argent. La direction générale est est-ouest et le pendage de 50 à 70 degrés nord. Il est reconnu sur une longueur de 300 m et sa puissance atteint souvent 5 m. La teneur en or est de 60 g à la tonne et en argent de 200 à 300 g. L'or n'est jamais visible à l'œil nu; il se présente soit à l'état libre, soit associé avec l'argent dans le rapport de 1 à 10. Le minerai renferme en outre des sulfures divers d'arsenic, de cuivre et d'antimoine, en traces seulement dans le chapeau de fer, seul exploité pour le moment.

Le traitement du minerai se fait par bocardage, amalgamation et cyanuration. L'installation comprend un moulin de 40 pilons lourds (1 250 livres).

Le tableau suivant résume les résultats des trois premières années d'exploitation :

Années	Tonnes broyées	Amalgamation — Rendement par tonne en dwt (or)	Cyanuration (Sables)		Cyanuration (Schlamms)		Rendement total en dwt (or) par tonne passée au moulin
			Tonnes traitées	Rendement par tonne en dwt (or)	Tonnes traitées	Rendement par tonne en dwt (or)	
1901	?	1,41	?	22	—	—	25,4
1902	22.456	3,64	12.667	28,3	3.775	35,6	19,58
1903	34.392	3,7	20.991	13,7	11.761	15,9	17,5

Années	Production totale		Valeur totale en francs
	Or (onces)	Argent (onces)	
1901	20.755	121.400	2.760.000
1902	21.986	118.400	2.860.000
1903	30.249	163.575	3.840.000

(1) S. J. Truscott. Institution of Mining and Metallurgy. Londres, 1902.

Il faut remarquer le faible rendement de l'amalgamation: la production annuelle totale augmente, mais le rendement par tonne diminue, ce qui semble indiquer un appauvrissement du minerai. Le prix de revient, calculé sur la tonne de minerai extraite de la mine, ressort, en 1903, à 70 f.

Le capital de la Société est de 2.500.000 florins, dont 200.000 florins non émis.

Une dette obligation de 500.000 florins a été remboursée par l'émission d'un nombre correspondant d'actions en 1903. Un premier dividende de 20 0/0 a été déclaré pour 1903.

Mine Lebong-Soelit.

Cette mine se trouve à 25 km de la précédente, vers l'ouest. Le filon paraît être sur la même ligne que celui de Redjang-Lebong. Une batterie de 20 pilons, qui doit être prochainement augmentée de 10 pilons nouveaux, a été installée en 1901-1902. Nous ne connaissons pas les résultats obtenus.

B. — Bornéo.

Il existe à Bornéo de vastes espaces, où l'on trouve l'or dans les alluvions.

C'est d'abord, dans le sultanat de Sambas, près de la côte ouest, puis, plus à l'intérieur, une grande partie du bassin du fleuve Kapoeass, sur les affluents comme le Melawi, l'Embahoe et le Mandai, enfin, donnant sur la côte sud, les alluvions de diverses rivières, comme le Kahajan et la région de Martapoera (1). Ces alluvions exploitées par les Chinois sont aujourd'hui l'objet d'entreprises européennes, à Loemar, par exemple (Sambas) et à Melawi (Kingtang).

En outre, on connait de nombreux filons aurifères ayant fait l'objet de recherches et de travaux d'exploration assez étendus. avec une mine récemment ouverte (1901) à Kahajan.

A en juger d'après les descriptions fournies par les divers auteurs, l'or se présente à Bornéo dans les mêmes conditions qu'à Sumatra. Les filons se trouvent localisés dans des fractures, au voisinage du contact de schistes anciens et de dykes de porphyrite, ou du granit et des schistes.

(1) Voir G. A. F. Molengraaff. — *Geological Explorations in Central Borneo*, Leyde, 1900. — *Passim*, et la bibliographie très complète donnée par cet auteur sur Bornéo.

La plus ancienne concession minière est celle de Ban-Pin-San, dans le sultanat de Sambas, situé à 26 km sud-est de Sambas. On a trouvé en ce point des filons interstratifiés dans les schistes cristallisés, recouverts par des alluvions exploitées antérieurement par les Chinois. Les travaux les plus importants ont été effectués sur ces filons, dont la direction générale est est-nord-est ouest-sud-ouest, et le pendage 80° S.-S.-O. Une colonne riche dans ce filon, mesurant 15 m de largeur horizontale et de 1 m de puissance, descend verticalement et a été suivie jusqu'à 43 m de profondeur. La teneur en or varie de 1 à plusieurs onces à la tonne. Sur la même ligne, on a trouvé divers échantillons, donnant 40 gr à la tonne, et il existe en outre divers filons parallèles au premier.

Des essais de traitement exécutés à diverses reprises ont fourni 23 000 f d'or pour 260 t traitées.

La concession de Ban-Pin-San est actuellement inexploitée, mais, dans le même sultanat de Sambas, on travaille à Loemar les alluvions par la méthode hydraulique et l'on a produit, en 1903, 20 kg d'or.

Dans la région sud de Bornéo, les trois rivières de Roenjan, de Rahajang et de Kapoeas font en ce moment l'objet d'actives recherches, ayant pour but de déterminer les conditions d'exploitabilité des alluvions aurifères qu'elles renferment.

La mine de Kahajang, à 350 km environ de la côte sud, et sur un affluent de la rivière du même nom, a été ouverte en 1900. On a reconnu l'existence de deux filons parallèles, de direction nord-sud, dans les schistes, près du contact avec les granits (1), et distants l'un de l'autre de 70 m. Le premier a une puissance de 1 m, et tient une once d'or et 12 onces d'argent à la tonne. L'or est libre, assez gros, à la surface; mais, en profondeur, il se trouve associé avec des sulfures complexes de fer, de cuivre, de plomb et de zinc.

Le deuxième filon, dans le granit, a de 0,30 m à 0,50 m de puissance; il tient environ 5 onces à la tonne.

Une batterie de 20 pilons a été montée à cette mine, au commencement de 1902. La production pour 1903 est indiquée (2) comme ayant été de 239 kg d'amalgame aurifère (?).

La production totale de Bornéo ouest (statistique officielle) était de 1 051 kg en 1901. Voir tableau V.

(1) Truscott, *loc. cit.*
(2) *Annales des Mines des Indes néerlandaises*, 1903. Batavia.

C. — Célèbes (Péninsule septentrionale).

Historique. — Dès le commencement du siècle dernier, les indigènes de la péninsule septentrionale de Célèbes se livraient à la recherche de l'or dans les alluvions; il ne faudrait toutefois pas en conclure que les gisements étaient à cette époque nombreux et riches, car la principale raison de cette pratique se trouvait dans l'obligation, pour les chefs indigènes, de payer à la Compagnie des Indes leurs impôts en or natif.

En 1813, la taxe levée sur la région de Soemalata consistait en la livraison obligatoire de 300 réaux en or (8,100 kg) payés à raison de 13 florins le réal, alors que dans le commerce il valait environ 27 florins. Pour recueillir cet or, les chefs indigènes rassemblaient chaque année, après la moisson, plusieurs milliers d'hommes envoyés dans les gorges des montagnes à la recherche du métal précieux. Il en périssait beaucoup au cours de la campagne, la fièvre et les mauvaises conditions hygiéniques rendant un tel travail extrêmement malsain, de sorte que le résultat final était loin d'être avantageux, tant pour le Gouvernement que pour les chefs indigènes. Cet état de choses subsista néanmoins jusqu'en 1847, époque à laquelle le Gouvernement abolit les taxes en nature pour les remplacer par un impôt de capitation. Cette mesure eut pour résultat immédiat d'arrêter presque complètement la recherche de l'or. Seuls, quelques indigènes continuèrent l'exploitation aux endroits les plus riches, exécutant même de vrais travaux miniers, en partant des affleurements que la poursuite de l'or dans les ruisseaux les avait amenés à reconnaître.

Aujourd'hui, on rencontre encore souvent, dans la forêt, des restes de laveries primitives, installées dans le lit des ruisseaux, et reconnaissables à la dérivation des eaux par un canal latéral, et à un mur en pierres sèches endiguant le lit par le travers. La plupart sont ignorés des habitants actuels, et il faut s'adresser aux plus âgés d'entre eux, pour s'entendre répondre qu'ils ont en effet souvenir d'avoir, dans leur enfance, vu leurs parents chercher de l'or.

Les travaux miniers indigènes, dont les exploitations présentes ne constituent que la reprise et l'extension, se sont poursuivis avec régularité à Soemalata jusqu'à l'arrivée des Européens, et à la formation des Sociétés actuelles.

C'est en 1889 que fut publiée, dans les *Annales des Mines néerlandaises*, la première description du gisement de Soemalata, par M. van Schelle, Ingénieur des mines de l'État, qui avait exploré, en 1886, la péninsule nord des Célèbes.

Antérieurement à cette publication, Rosenberg avait visité, vers 1865, les mêmes endroits, et faisait à la Société royale de Géographie une communication intéressante, mais empreinte d'une exagération trop fréquente chez les explorateurs de cette époque. Il parle des travaux indigènes en termes vraiment réjouissants, comparant la descente des ouvriers dans les puits sur les affleurements, à la descente dans les enfers. Il voit le feu qui se dégage des chantiers, accompagné de masses épaisses de fumée, et, malgré son courage, avoue n'avoir pas osé pénétrer dans ces lieux d'horreur.

En 1901, M. Koperberg publie à nouveau, dans les *Annales*, un rapport sur la géologie des mêmes régions, avec quelques notes sur quelques exploitations minières. Mais c'est dans l'intervalle de ces deux publications, que se place la fondation de la plupart des Compagnies minières : Soemalata, la plus ancienne, est de 1894; ensuite viennent Paleleh et Totok (1897). La plupart des autres Sociétés ne possèdent que des permis de recherches, attendant les résultats de leurs explorations pour demander une concession.

Actuellement les travaux de recherches et d'exploration sont suspendus à peu près partout; les licences sont néanmoins toujours payées en attendant des temps meilleurs, et les seules Compagnies poursuivant leurs travaux régulièrement sont, sur la côte nord, celles de Kwandang-Soemalata, et de Soemalata, la première par des recherches sur un filon analogue à celui exploité par la seconde, et celle-ci par une extraction régulière depuis 1900. Paleleh, après avoir donné d'assez beaux résultats, est arrêtée depuis l'an dernier, et en voie de transformation financière.

Sur la côte sud, deux Compagnies poursuivent leurs travaux, à Pagoeat et à Totok, au milieu de vicissitudes diverses.

Mines de la Côte nord.

Les mines de la côte nord présentent, sur une étendue de 200 km environ, des caractères communs et des analogies si frappantes que cette région offre un véritable intérêt au point

de vue géologique et minier. Toute la péninsule nord de Célèbes est traversée de l'est à l'ouest par une chaîne de hautes montagnes de 1 500 à 2 100 m d'altitude, qui constitue la ligne de partage des eaux. C'est le massif du Bolio Hoetoe. Entre cette chaîne et la côte nord, une deuxième rangée de hauteurs prend naissance dans la baie de Kwandang pour venir rejoindre la première auprès de Boeloïla, leur altitude variant de 1 000 à 1 400 m. Des rivières nombreuses prennent leur course dans le massif central et vont se jeter à la mer en traversant les défilés de la deuxième chaîne. Tout le pays est couvert d'une épaisse forêt.

La chaîne centrale est constituée par un soulèvement granitique qui n'apparaît au jour qu'aux sommets les plus élevés et est généralement recouvert par une formation schisteuse cristalline où se rencontrent en abondance des produits de métamorphisme. La côte nord est elle-même constituée par des couches plus récentes reposant à stratifications discordantes sur les schistes précédents et sur le granit. Ces couches sont de puissantes assises de roches ignées, dont l'élément principal, partout reconnaissable, est une brèche éruptive, où des fragments de diabase porphyrite sont agglomérés par un ciment tuffeux assez riche en silice et également d'origine ignée. Dans cette brèche on observe des intercalations de bancs tuffeux de puissance variable. Les couches ont un pendage général de 20 degrés vers le nord. Le versant méridional de la chaîne principale est formé par des assises sédimentaires de conglomérats et de schistes, avec pendage vers le sud (1). L'âge de ces couches n'est pas exactement déterminé. Koperberg (2) le range à la base du terrain tertiaire. Quant aux bancs de brèche éruptive, des considérations stratigraphiques tendent à faire admettre leur apparition comme postérieure aux dépôts des conglomérats précédents.

Les gîtes aurifères du nord Célèbes se trouvent dans l'une et l'autre de ces deux formations.

Il y a peu à dire sur les quelques filons rencontrés, comme à Obapi, dans les conglomérats : ce sont de simples remplissages de fracture sans étendue en direction ou en profondeur, dans les conglomérats au voisinage du contact avec les schistes qui les recouvrent.

Les gisements rencontrés dans la brèche éruptive sont, au con-

(1) Voir G. A. F. Molengraff : *Zeitschrift für praktische Geologie*, 1902, une description complète de la géologie de cette région.

(2) *Annales des Mines des Indes Néerlandaises*, 1902.

traire, fort intéressants. On observe dans la brèche deux directions de fractures principales, la première orientée O. 35 degrés N., E. 35 degrés S., la seconde nord-sud. Celle-ci, plus récente, n'a guère eu pour résultat que de causer divers rejets dans les couches, tandis que les fractures du premier système sont généralement très importantes et leur remplissage constitué par une série de dykes de la famille des porphyrites.

Les filons connus sont tous en relation avec une fracture de ce genre ; ce sont, tantôt de véritables gîtes de contact entre la brèche éruptive et le dyke de porphyrite, comme à Soemalata, tantôt ce sont de nombreuses veines métallifères dont le dyke est injecté. La minéralisation des fractures est donc un phénomène subséquent et corrélatif au remplissage par la roche du dyke.

Mine Soemalata.

La mine Soemalata exploite des filons de ce genre. Le principal, ou filon sud, a une direction N. 28 degrés O., S. 28 degrés E. avec pendage 80 degrés N. C'est un gîte de contact entre la brèche éruptive au toit et un dyke de porphyrite au mur. La puissance est extrêmement variable, le filon affectant l'allure en chapelet; elle va de 1,25 dans les poches à 0,07 dans les étranglements. En différents points, le filon envoie des apophyses dans la porphyrite. Les épontes sont généralement bien définies par des salbandes argileuses et sur le toit on observe des miroirs de filons. Le remplissage est caractérisé par l'absence presque complète d'autres éléments que le minerai proprement dit; il consiste principalement en fragments de la roche encaissante cimentés par le minerai. Dans les poches, le remplissage est exclusivement formé de minerai, tandis que dans les étranglements c'est le quartz qui forme l'élément prédominant. Le minerai est formé de pyrrhotine, mispickel, de pyrite, et d'un peu de galène, de blende et de pyrite cuivreuse. La texture est généralement compacte, parfois caverneuse et, dans ce cas, les parois intérieures sont tapissées de pyrite arsenicale. La teneur en or et argent varie nécessairement beaucoup, mais, en général, les maxima de richesse coïncident avec les maxima de puissance. Le filon est exploité sur une longueur de 290 m suivant la galerie d'allongement. On estime que 1 m² de surface de filon correspond à 1 t de minerai trié, lavé et prêt à subir le traitement métallurgique. Le déchet de triage atteint 50 0/0. La teneur moyenne

du minerai ressort entre 25 et 30 g d'or à la tonne. Il contient en plus une quantité notable d'argent. *(Voir planche 67.)*

Les mêmes caractères se retrouvent sur les autres filons de la région à *Paleleh*, comme à *Kwandang-Soemalata*, de sorte que nous n'insisterons pas sur leur description. Une particularité remarquable de ces gisements est la permanence constatée, depuis l'origine des travaux, dans la teneur du minerai et la régularité de l'allure du filon. On a récemment retrouvé le prolongement du filon sud de Soemalata à 500 m plus à l'est et d'autre part le filon Veta-Nueva de Kwandang-Soemalata a été reconnu sur la concession Soemalata à une distance de 3 km du premier affleurement.

A *Paleleh*, les phénomènes de minéralisation portent sur un dyke beaucoup plus puissant, 100 m environ. Les travaux ont reconnu l'existence de trois colonnes riches sur un parcours de 3 km. Cette mine, aujourd'hui presque arrêtée par suite de circonstances toutes spéciales, a fourni des résultats favorables au début avec une batterie de trente pilons, lorsqu'on exploitait encore le chapeau de fer du filon. Peu à peu la nature réfractaire du minerai a rendu le travail par bocardage et amalgamation impossible, et la mine, faute de capitaux, faute surtout d'un judicieux emploi des sommes élevées qu'elle eut à sa disposition au début, a dû arrêter peu à peu le travail.

Cette question du traitement des minerais avait néanmoins été bien prévue par la direction de la mine au début, et l'achat d'un four water-jacket pour le traitement par fusion était parfaitement justifié par les résultats obtenus aujourd'hui à Soemalata avec le même appareil, cédé par la mine de Paleleh à sa voisine.

Le traitement métallurgique suivi à Soemalata mérite une courte mention à raison des bons résultats obtenus.

La nature réfractaire du minerai rendait impossible le traitement par amalgamation, on s'est arrêté à la fusion pour *matte de fer*, opération par laquelle on concentre les métaux précieux de 4 t de minerai dans 1 t de matte exportée vers l'Europe. Ultérieurement on a complété cette installation par l'appauvrissement de la matte de fer par le plomb. On obtient ainsi un plomb d'œuvre tenant jusqu'à 4 000 g d'or à la tonne et qui permet une économie encore plus grande dans les frais de transport vers les usines métallurgiques de l'ancien continent.

La composition moyenne du minerai répond aux proportions suivantes :

S	30
Fe	50
Cu	1
Zn	3
Pb	2
As, Sb	4
Calcaire argile	5
Silice	5
TOTAL	100

La faible teneur en cuivre ne permet pas de fondre pour matte de cuivre, tandis que l'absence presque complète de silice dans le minerai, jointe à ce fait qu'il n'en existe pas dans le voisinage, oblige à employer un fondant calcaire (corail de la côte). La consommation en combustible dans la fusion pour matte varie de 4 à 6 0/0. C'est soit du coke importé, soit des perches débitées en morceaux de 20 cm de longueur.

La matte de fer tenant 25 0/0 de soufre, 1 0/0 de cuivre et 74 0/0 de fer est fondue avec du plomb qu'on est obligé de faire venir d'Europe, faute de gisements exploitables au voisinage.

Le prix de revient, calculé sur la tonne de minerai trié pour fusion, peut s'estimer comme suit :

Abatage, extraction, préparation mécanique	27 f
Traitement métallurgique	15
Frais généraux, transport	8
TOTAL	50 f

La production est donnée par les chiffres suivants :

1900	12 mois	106 061 g. d'or.
1901	12 —	255 000 —
1902.	9 mois (3 mois d'arrêt pour éboulement).	190 654 —
1903	jusqu'au 31 juillet	207 000 —

Il existe encore d'autres Sociétés minières, au nord Célèbes, mais elles sont toutes en exploration ou en liquidation, de sorte que nous n'en parlerons pas. On trouvera au tableau XI la liste des principales.

MINES DE LA CÔTE SUD.

Les Sociétés de recherches et d'exploration ont été aussi nombreuses sur la côte sud que sur la côte nord ; à l'heure actuelle, on ne connaît qu'une mine en travail continu, Totok.

Totok. — Située à 200 km environ de Gorentalo, sur la côte sud, cette mine exploite un quartz aurifère que l'on trouve dans une argile rougeâtre, vraisemblablement une sorte de latérite aurifère dans des calcaires. Une batterie de vingt pilons a été montée en 1900. Pour 1903, les renseignements officiels indiquent une production de 158 kg d'or.

Non loin de Totok, la Compagnie *Kotaboenan* possède un gisement analogue, mais où l'or est associé à des sulfures divers.

Diamant.

Le diamant se trouve à Bornéo (1).

1° A l'ouest, dans la région de Landak, près de Pontianak;

2° Au sud-est, de part et d'autre des montagnes de Tanah-Laoet, dans la région de Martapoera et dans les vallées qui débouchent sur la côte entre le Barito et Poeloe-Laoet.

On n'a pas trouvé jusqu'à présent de diamant en roche comme dans l'Afrique du Sud. Les gisements sont tous alluvionnaires, et ne sont exploités que par les indigènes et pour leur compte personnel ou pour des entrepreneurs généralement chinois.

Le diamant est accompagné de petites pépites d'or, de minces lentilles de platine, de corindon, de rutile, ce dernier caractéristique de la présence du diamant, enfin de sable noir où la magnétite, le fer titané et le fer chromé sont accompagnés de cristaux microscopiques de diamant. Les alluvions ont une épaisseur variable, et sont formées depuis la surface par des couches successives d'argile, d'argile sableuse, de sable et de galets, cette dernière renfermant le diamant. Le fond du dépôt est soit une argile rouge soit un schiste bleu.

L'exploitation du diamant, très prospère avant la découverte des mines du Cap, est aujourd'hui très irrégulière. La plupart des tailleries de diamant indigènes des environs de Mortapoera sont fermées et il ne semble pas que cette industrie soit appelée à reprendre un nouvel essor.

Voir, tableau V, la production en carats de 1892 à 1901.

(1) Voir HOOZE, *Annales des Mines des Indes Néerlandaises* 1893, GASCUEL, *Annales des Mines*, 1901 et MOLENGRAAFF, *op. cit.*.

Autres métaux.

On connait divers gisements de cuivre, plomb, zinc, etc., tous inexploités actuellement. Pour le cuivre, on peut citer, dans la péninsule nord de Célèbes, les mines de Pagoeat et de Bone, sur la côte sud.

A Bone (22 km de Gorontalo), on a exécuté quelques travaux de recherches dans ce puissant massif d'andésite, imprégné dans toute sa masse par du cuivre sous toutes ses formes, depuis le cuivre natif jusqu'aux sulfures en passant par les carbonates. La zone minéralisée a une direction générale N. 50° 0—S. 50° E.; elle est reconnue sur plus de 1 500 m. de longueur, la largeur atteint souvent 200 m. Les fractures qui constituent les véhicules du minerai ont des orientations variées. C'est généralement un clivage de la roche dont toutes les fissures sont injectées de minerai de cuivre. Dans les parties supérieures du gîte, le cuivre est décelé par l'aspect bleu verdâtre de la roche; en examinant un morceau fraichement cassé, on voit que les dépôts cuivreux ont pris la place des cristaux de hornblende. D'après les renseignements fournis sur place, la teneur en cuivre de la roche varierait entre 4 et 5 0/0.

Signalons encore des gisements de *cinabre* dans la province de Sambas (Bornéo occid.), d'un gisement de *galène* sur la côte nord-est de Bornéo, près de Berau, et, sur la côte nord de Célèbes, à Moaano, un filon contenait du *zinc* et du *plomb* avec un peu de cuivre, d'or et d'argent, mais dont les travaux sont arrêtés depuis trois ans. A Java on extrait, des sources thermales, près de Soerataga, de l'*iodure de cuivre* (1 054 kg en 1901).

Main-d'œuvre.

Ouvriers blancs.

Les mineurs employés dans les exploitations sont généralement anglais ou australiens : quelquefois on rencontre quelques Allemands du Harz ou de Freiberg. Leur travail ne laisse pas à désirer, ce qui s'explique par la haute paye dont ils jouissent, alors que la vie est à bon marché. Toutefois, ils se sentent indispensables à la marche de l'exploitation dans toutes les mines éloignées des centres de communication, d'où une certaine indé-

pendance d'allures qu'il est difficile d'éviter. On obtient un bon rendement de ces ouvriers dont le travail est, au reste, surtout de surveillance et d'instruction des équipes d'indigènes asiatiques, en leur assurant quelque confort au sortir de la mine. C'est ce que la plupart des Compagnies ont compris et réalisé en édifiant des cercles pourvus des distractions habituelles à ce genre d'établissements.

L'état sanitaire chez les ouvriers blancs est généralement assez bon ; quelques cas de malaria se présentent encore trop souvent, mais cette maladie, pour un homme sobre, n'affecte que rarement une tournure grave.

Main-d'œuvre asiatique.

On utilise autant que possible la main d'œuvre locale lorsque les habitants y consentent; c'est le cas le plus rare, qu'on ne rencontre guère que dans les entreprises d'exploration et de prospection. D'une manière générale, l'indigène de Sumatra, de Bornéo ou de Célèbes, est rebelle à tout travail suivi, agricole ou minier ; les nombreux essais tentés à diverses reprises avec les tribus variées des îles de la Sonde n'ont jamais abouti à recommander l'emploi des indigènes dans les mines. Seul le Javanais est susceptible d'un travail suivi et d'un effort constant. On l'emploie comme mineur dans certaines exploitations, mais la grande majorité, on peut presque dire la totalité des entreprises agricoles, minières ou industrielles s'adresse aux Chinois pour avoir les nombreux travailleurs qui lui sont nécessaires.

Il est assez regrettable, pour l'avenir de ces colonies, de voir cet usage des Chinois se généraliser ainsi en dehors de Java, car il eût été très intéressant pour le trop-plein de la population de cette île de pouvoir se déverser sur les autres points de l'archipel.

L'augmentation constante de la population javanaise préoccupe à juste titre et sous plusieurs points de vue les autorités hollandaises, qui ne sont nullement opposées à l'exportation du Javanais dans les pays étrangers lorsque cette exportation est faite dans des conditions offrant toute garantie de bons traitements et de sécurité financière. On en trouve un exemple récent dans l'importation, à deux reprises successives, de coolies javanais dans notre colonie de la Nouvelle-Calédonie.

La mine de Paleleh est la seule, avec les charbonnages d'Om-

bilien, qui ait employé le Javanais aux travaux miniers durant plusieurs années. Des renseignements recueillis sur place, il ressort que les contrats de louage se font pour deux ans, quelquefois pour trois, la Compagnie prenant à sa charge le voyage aller et retour soit 100 florins. Le salaire journalier est de 0,48 florin pour les ouvriers au jour, 0,58 florin pour les ouvriers à la mine, moins 0,16 florin retenue pour nourriture, retenue insuffisante d'ailleurs pour couvrir ces frais. En comprenant le déchet pour cause de maladie ou décès et les frais de voyage on arrive à une dépense moyenne de 0,75 f par jour, soit 1,50 f.

Le Javanais est sobre; sans être très robuste, il est adroit; facile à conduire, il aurait donné meilleure satisfaction si les conditions climatériques particulières de la mine n'avaient été très nuisibles à la conservation d'un état sanitaire convenable dans le « Kampong ». Les nuits sont en effet très humides et très fraîches au sommet des montagnes, d'où des affections de poitrine assez graves.

Partout ailleurs, on emploie en grande majorité des coolies chinois dans les travaux. Ces coolies sont importés, soit de Singapour, soit directement des régions méridionales de la Chine, ce qui est préférable, le coolie de Singapour étant généralement un travailleur assez médiocre, qui s'offre à contracter faute d'être propre à tout autre travail sur place. Le Chinois est très robuste, très industrieux, résistant à la fatigue, et content de peu. Les contrats signés à Singapour et confirmés ensuite par les autorités hollandaises, sont d'une durée d'un an, voyage aller et retour compris. Le salaire prévu au contrat est extrêmement bas. 1,50 florin par mois (3 f). Ce chiffre, qui paraît extraordinaire de bon marché, s'explique cependant quand on y ajoute les frais de voyage, la durée des jours de repos payés (30 jours par an), les pertes par maladie et la durée de l'apprentissage, un mois environ. Tout compris l'ouvrier chinois coûte par mois environ 23 florins, soit 46 f, c'est-à-dire la même chose que le Javanais.

A l'expiration du contrat, le coolie peut se louer à nouveau, mais comme journalier à 0,50 florin = 1 f par jour plus le logement et la nourriture (0,50 f).

On peut donc admettre que le chiffre moyen journalier des frais de main-d'œuvre est de 1,50 f, tout compris.

Ceci ne tient pas compte, bien entendu, des cas fréquents, dans les exploitations, surtout au début, d'épidémies de beriberi, de peste, de malaria, etc., ni des difficultés spéciales résul-

tant d'un refus de travail opposé par le coolie à son chef d'équipe, ce refus étant motivé soit par paresse soit par insubordination, soit encore par un état maladif. Les ordonnances sur les coolies ne permettent pas, avec raison, l'emploi de châtiments corporels; aussi la seule sanction à un refus d'obéissance consiste-t-elle dans l'envoi en prison du coupable. Une telle mesure est absolument ineffective, le coolie ayant tout avantage à y rester le plus longtemps possible.

Nourri et logé, il est soumis à un travail forcé qui consiste, par exemple, à se promener sur les routes en enlevant les pierres qui déparent la chaussée, ou à enlever les feuilles mortes des jardins publics. Pendant ce temps, l'ordonnance sur les coolies prescrit bien que le salaire des prisonniers est suspendu, mais il continue à être dû pendant les jours d'absence ou les jours où l'ouvrier refuse de travailler. Il résulte, de telles dispositions strictement appliquées, une situation insoutenable pour l'industrie, le coolie refusant un jour sur deux le travail et le prix de la main-d'œuvre montant en conséquence.

Sur les instances répétées des exploitants, l'Administration a modifié, en 1902, les ordonnances de la manière suivante:

Toutes les journées de travail non accomplies par le coolie au cours de son contrat, soit par suite de maladies, au delà d'un total accumulé de plus de 30 jours, soit par suite de congé, de désertion ou d'emprisonnement, ne seront pas comptées comme journées contractuelles, le contrat étant prolongé d'une durée égale au nombre de journées perdues. Il en sera de même pour les journées où le coolie, quoique présent à l'appel, n'aura pas travaillé sans raisons valables.

La direction de la mine doit inscrire sur un registre, à la disposition du fonctionnaire civil du district, les journées non effectuées et la raison de l'absence, et envoie, à la fin de chaque mois, copie de ce registre à l'employé chargé de l'enregistrement des contrats.

L'effet de ces nouvelles mesures a été de faire revenir à leur taux normal les dépenses en main-d'œuvre qui, à Soemalata, s'étaient accrues de 100 0/0 en 1902.

Le déchet observé pour cause de maladies et de décès est considérable dans les exploitations minières proprement dites: le chiffre des décès annuels ne descend guère au-dessous de 7 0/0 et celui des malades au-dessous 8 0/0.

On a vu, à de certaines époques de l'année, et dans des condi-

tions très défavorables, il est vrai, le nombre des décès, dans un mois, correspondre à 50 0/0 de l'effectif pour toute l'année.

Les frais d'importation de main-d'œuvre chinoise de Singapour à Soemalata sont donnés dans le tableau suivant publié par la Compagnie de Noord Celebes.

Commission à Singapour, par tête . .	32	piastres mexicaines.
Avances aux coolies à Singapour . .	21	—
Passage pour Sœmalata.	25	—
Timbre d'enregistrement	1	—
Examen médical.	1	—
Assurance contre désertion à bord . .	5	—
TOTAL . .	85	85

Nourriture : 0,20 par homme et par jour (1 an)	72	piastres.
Salaire : 3 piastres par homme et par mois (1 an)	36	—
TOTAL . .	193	—
A déduire, remboursement de l'avance à Singapour.	21	—
DÉPENSE ANNUELLE TOTALE . .	172	piastres.

Soit en florins 206 et par mois 17,16 f, et par jour 1,20 f. En tenant compte du déchet par maladies, décès, etc., on arrive au chiffre de 1,50 f que nous avons donné plus haut.

Conclusions.

L'industrie minière aux Indes Orientales Néerlandaises, est en quelque sorte née d'hier, car on ne doit pas considérer comme une industrie ancienne les exploitations d'étain qui, jusqu'à ces dernières années (1890), ne formaient surtout qu'une entreprise commerciale. Pendant de longues années, les richesses minérales n'ont que peu attiré l'attention des Hollandais, avant tout commerçants et agriculteurs; il faut, en outre, ajouter que l'exploration de pays aussi éloignés, faiblement peuplés, couverts de forêts, sous un climat tropical est singulièrement difficile; aussi les résultats définitifs ne s'obtiennent-ils qu'au prix de sacrifices pécuniaires et personnels considérables.

D'autre part, les doctrines d'exploitation d'État, récemment appliquées dans le Limbourg hollandais, sont aussi en faveur

pour les colonies : on l'a vu pour la mise en valeur des gisements houillers d'Ombilien, et plus récemment encore lorsqu'il s'est agi du renouvellement de la concession de Billiton. Le service des mines exécute un programme complet de reconnaissance du pays dans le but de rechercher les gisements exploitables pour l'État, et la loi minière dit expressément que les mines découvertes par l'État et non exploitées par lui seront mises en adjudication. Il est vraisemblable que ces mines ne seront pas les meilleures.

La période de fièvre spéculatrice de 1897, au cours de laquelle on assista à l'éclosion de tant de Sociétés de recherches, avec un capital où les actions d'apport formaient l'énorme majorité des titres, est maintenant terminée, l'industrie minière, celle de l'or surtout, est entrée dans une période de dépression très marquée, la méfiance des capitaux hollandais pour ce genre d'entreprise est portée à son comble et seuls les résultats obtenus par les quelques mines en activité pourront modifier cette suspicion à l'endroit des affaires minières.

Les mauvais résultats donnés par la plupart des Sociétés de recherches proviennent en grande partie de l'inexpérience des intéressés et de l'insuffisance du personnel chargé des travaux. Il y a eu un gaspillage effréné des ressources, joint à un manque complet de savoir-faire de la part des prospecteurs.

On retrouve dans l'exploitation des mines découvertes les mêmes erreurs, avec celles, plus graves, d'un manque d'unité dans la direction et d'une insuffisance de capitaux mis en œuvre pour doter la mine de l'outillage nécessaire et ouvrir convenablement les travaux.

Devant les résultats fournis par trois années consécutives d'exploitation à Redjang-Lebong comme à Soematata, il est permis de croire à un relèvement graduel de l'industrie aurifère. Les conditions générales sont, somme toute, assez favorables. La force motrice est généralement à pied d'œuvre, grâce aux nombreux cours d'eau; la main-d'œuvre s'obtient à bon marché et il nous paraît probable que l'on verra bientôt la reprise de mines abandonnées actuellement, comme aussi que l'on est loin de connaître encore toutes les ressources minérales que renferme l'Insulinde. Bornéo et Sumatra, cette dernière, en particulier, peuvent fournir à ce sujet des découvertes intéressantes, tandis que les alluvions de Bornéo, exploitées par dragages, peuvent donner de sérieux profits.

L'industrie du pétrole, de son côté, paraît devoir prendre une importance de plus en plus grande, et devant la diminution des sources de la Russie et des États-Unis, on peut s'attendre à voir le pétrole de l'Insulinde régner sur tous les marchés asiatiques.

Pour l'étain, la supériorité de Banka ne durera plus bien longtemps, et l'insuccès des recherches entreprises un peu partout pour retrouver d'autres gisements fait craindre la disparition des Indes hollandaises de la liste des grands producteurs de ce métal dans l'espace de moins d'un quart de siècle.

Pour la houille, au contraire, les réserves des gisements connus assurent au pays une source sûre de profits, lorsque l'appauvrissement des houillères anglaises amènera l'élévation du prix de vente. Dès à présent, la Hollande trouve à Ombilien le charbon nécessaire pour sa marine en Asie.

On a pu voir, par l'analyse sommaire de la loi minière, que l'on voit, en Hollande, d'un œil assez peu favorable l'immixtion des capitaux étrangers dans les entreprises nationales. Bien qu'il y ait là, peut-être, une cause de retard dans le développement minier du pays, il faut reconnaître qu'au point de vue politique ces dispositions sont d'une grande sagesse, en évitant absolument toute ingérence d'une puissance étrangère dans les questions intérieures et l'on sait trop ce que de telles difficultés peuvent ultérieurement amener de complications et de surprises pénibles.

BIBLIOGRAPHIE

Il serait peu utile de donner une bibliographie complète sur les Indes Néerlandaises. On consultera avec fruit la bibliographie insérée par le D[r] R. D. M. Verbeek dans les *Annales des Mines des Indes Néerlandaises* à diverses reprises, et en dernier lieu en 1903, et celle donnée par Suess, *La face de la terre*, traduit par de la Margerie, Armand Colin, 1900, à propos des Iles de la Sonde, et celle de l'ouvrage du D[r] Molengraaff indiqué ci-dessus. Nous nous bornerons a mentionner les ouvrages les plus importants au point de vue géologique et minier.

1° Collection des *Annales des Mines des Indes Néerlandaises*, publiées à La Haye jusqu'en 1899, à Batavia à partir de cette date (et les différents articles de cette publication indiqués par les notes dans notre texte);

2° *Geological Explorations in Central Borneo*, par M. G. A. F. Molengraaff. Leyde, 1900;

3° *Géologie de Java et Madoera*, par MM. Verbeek et Fennema. Amsterdam, 1896;

4° *Coalfields of Malaysia*, par M. Hooze, 1891;

5° *Essai sur la géologie de Célèbes*, par MM. P. et F. Sarrazin. Wiesbaden, 1901 (en allemand);

6° *Zeitschrift für praktische Geologie*, par M. Molengraaff. Août, 1902;

7° *Le diamant dans le sud-est Bornéo*, par M. P. Gascuel. *Annales des Mines* (française), 1901;

8° Articles du *Petroleum Review*, par M. Ragosine, 1902-1903;

9° *Goldmining in Netherlands India*, par S. J. Truscott. *Institution of Mining and Metallurgy*. Londres, 1902;

10° *Les Mines d'or aux Indes Néerlandaises*, conférence à la Société de Géographie de La Haye, par M. R. D. Verbeek. La Haye, 1903.

TABLEAU I

Superficie des colonies hollandaises en Asie.

COLONIES	SUPERFICIE
	kilomètres carrés
Java (1) et Madoera.	131 028
Sumatra.	419 273
Borneo (partie hollandaise)	551 299
Célèbes	183 229
Autres possessions	621 525
SUPERFICIE TOTALE.	1 908 354

(1) Java seul : 125 634 km².
Chiffres extraits de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises pour 1901*.

TABLEAU II

Population de l'Insulinde.

DÉSIGNATION D'ORIGINE	JAVA ET MADOERA	POSSESSIONS EXTÉRIEURES
Européens et assimilés	62 477	13 556
Chinois	262 265	260 051
Arabes	18 051	9 348
Autres Orientaux (dont les Japonais)	3 114	13 536
Indigènes	28 386 121	6 575 911
TOTAL.	28 747 028	6 872 402
POPULATION TOTALE.	35 619 430	

Ces chiffres ne comprennent pas les effectifs des armées de terre et de mer.
Chiffres extraits de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises*.

TABLEAU III

Production houillère des Indes néerlandaises.

Tonnes de 1 000 kg.

Années	Concession de Sedan (Rembang) Java	Concession de Bahangan (Palembang) Sumatra	Mines d'Ombilien	Concession sur la rivière de Mahakkan (Compagnie de Borneo-Est et concession de Louise)	Exploitation indigène Ouest-Borneo
1892	47 075	—	1 758	20 034	2 255
1893	—	—	46 075	18 830	2 050
1894	2 124	—	72 451	21 436	730
1895	798	—	107 942	19 559	550
1896	—	68	126 284	15 400	350
1897	—	113	142 850	20 000	300
1898	—	89	149 434	15 221	300
1899	—	206	181 325	3 910	195
1900	—	207	196 206	6 131	185
1901	—	508	198 470	5 531	650
1902	—	—	180 702(1)	—	—

(1) Chiffres provisoires.

Chiffres extraits de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises*.

TABLEAU IV

Production de pétrole

en milliers de litres.

PROVINCES	a BRUT b RAFFINÉ	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901
Semarang . . .	a	—	—	—	—	—	—	23	1,183	1,171	1,028
Rembang . . .	a	—	—	—	—	22,951	47,147	57,591	62,208	63,738	68,254
Saerabaja . . .	b	8 922	9 859 (1)	15,689	18,891	21,782	23,235	35,050	34,410 (2)	32,400 (2)	48,665 (2)
Palembang. . .	a	—	—	—	—	—	—	—	26,233	173,900	111,617 (3)
Oosth v s m . .	b	5 209	14,429	37,546	48,033	68,654	172,557	207,434	75,529	66,232	62,246
Bornéo s.-o. . .	a	—	—	—	—	—	—	3/4	30 (3)	59,252 (3)	24,617 (4)
Atjeh	a	—	—	—	—	—	—	—	—	9,913	—

(1) Partiellement produit en 1892.
(2) Brut.
(3) Partiellement brut.
(4) Tonnes.

Chiffres extraits de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises.*

TABLEAU V

Production de quelques autres minéraux.

ANNÉES	OR BORNÉO (OUEST)	PALEMBANG		DIAMANT (BORNÉO)	IODURE DE CUIVRE (Sourabaja)	MANGANÈSE (Djokjokarta)	MARBRE KEDIRI
		OR (1)	ARGENT				
	kg	kg	kg	carats	kg	tonnes	m³
1892	98	—	—	1 400	2 110	—	—
1893	136	—	—	2 168	2 240	—	—
1894	112	—	—	2 704	2 395	1 000	—
1895	111	—	—	2 500	2 436	600	—
1896	95	—	—	1 435	2 525	3 000	50
1897	98	—	—	1 190 (2)	2 762	5 200	100
1898	119	—	—	1 930 (2)	2 623	4 800	—
1899	103	10	58	1 972 (2)	2 346	1 388	—
1900	61	352	2 292	610 (2)	2 545	2 000	—
1901	1051	582	3 727	810 (2)	1 054	—	—

(1) De plus, dans les années 1896, 1897, 1898, 1899 et 1900 respectivement 140 088, 244 500, 122 000, 280 000 et 4 637 kg de minerai aurifère dans Ménado et en 1901, 445 kg d'or.

(2) Transportés.

Chiffres extraits de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises.*

Tableau VI

Renseignements généraux sur les Compagnies de pétrole.

NOMS DES COMPAGNIES	SIÈGE SOCIAL	DATE de la FONDATION	EMPLACEMENT DES CONCESSIONS	CAPITAL	CONTROLÉE PAR ou bien ENTENTE COMMERCIALE AVEC
				Florins	
Compagnie royale pour l'exploitation des sources de pétrole aux Indes	La Haye.	1890	Sumatra, Bornéo.	5 000 000	»
Compagnie d'exploration indo-néerlandaise	La Haye.	1895	Palembang.	300 000	Compagnie Royale.
Compagnie Sumatra	La Haye.	1897	Palembang, Langkat.	100 000	»
Compagnie Sumatra-Palembang	La Haye.	1897	Palembang.	7 000 000	Compagnie Royale.
Moeara-Enim	Amsterdam.	1897	Palembang.	10 000 000	Vend à la Shell C°.
Moesi-Ilir	Amsterdam.	1900	Palembang.	9 600 000	Vend à la Shell C°.
Ilira Petroleum C°	»	»	Palembang.	»	Compagnie Royale.
Compagnie minière et forestière de Langkat	»	»	Langkat.	»	Indépendante.
Compagnie néerlandaise d'industrie et de commerce	Amsterdam.	1896	Est-Bornéo.	»	Shell C°.
Compagnie Dortsche-Java	Amsterdam.	1887	Java, Madoera.	20 000 000	»
Compagnie néerlandaise d'industrie	Amsterdam.	1896	Semarang.	»	»
Compagnie Java	Amsterdam.	1896	Semarang.	»	»
Compagnie Japara	La Haye.	1897	Japara.	»	»
Compagnie d'exploration de Tegal	»	1897	Tegal.	»	»
Compagnie d'exploration de Madoera	Rotterdam.	»	Madoera.	»	»
Compagnie Rotterdam	Rotterdam.	»	Semarang.	»	»
Compagnie Panolan	»	»	»	»	Vend à la Dortsche.
Compagnie Tinawoen	»	»	»	»	Vend à la Dortsche.

TABLEAU VII

Production de la Compagnie Dortsche.

DÉSIGNATION DES PRODUITS	UNITÉS	1889	1892	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902
Pétrole raffiné. . .	Caisses	8 000	247 800	779 200	1 230 000	1 454 000	1 490 000	1 642 000	1 648 000	1 661 000	»
Gazoline	Bidons	—	—	—	4 499	4 542	6 373	5 715	6 233	?	»
Huille de graissage.	Bidons	—	—	—	6 690	8 860	12 932	12 568	14 572	?	»
Asphalte	Tonnes	—	—	—	359	416	421	276	442	?	»
Lucigène	Caisses	—	—	—	1 970	5 000	8 900	8 512	8 541	?	»
Mazout	Litres	—	—	—	6 069 006	6 261 881	7 950 126	11 545 698	13 197 414	?	»
Croûtes et paraffine.	Caisses	—	—	—	—	—	—	—	5 745	?	»
Bougies et paraffine.	Tonnes	—	—	=	—	—	—	—	381	700	»

TABLEAU VIII

Prix de vente à Java du pétrole.

En francs, par caisse de 37,8 l.

ANNÉES	PÉTROLE AMÉRICAIN	PÉTROLE RUSSE	PÉTROLE DE SUMATRA	PÉTROLE DE JAVA
1896	5,40 à 6,00	5,20 à 5,80	—	—
1897	7,10	6,75	6,55	—
1898	6,75	—	—	—
1900	9,40	—	—	7,60
1901	7,90	7,30	6,85	5,60
1902	7,30	6,20	5,90	—

TABLEAU X

Mines d'étain de Banka-Billiton-Singkep.

Production et nombre d'ouvriers.

ANNÉES	MINES DE BANGKA		MINES DE BILLITON		MINES DE SINGKEP	
	PRODUCTION en picols	OUVRIERS	PRODUCTION en picols	OUVRIERS	PRODUCTION en picols	OUVRIERS
1892-1893	121 736	9 862	85 586	8 130	2 746	667
1893-1894	119 513	10 428	85 451	8 120	4 313	1 326
1894-1895	129 951	11 899	83 809	8 390	13 012	1 288
1895-1896	169 198	12 453	93 521	8 690	16 110	1 476
1896-1897	148 122	13 400	89 354	8 150	12 108	1 837
1897-1898	163 511	13 161	89 046	7 611	10 931	1 658
1898-1899	192 973	14 212	93 603	7 553	10 836	2 032
1899-1900	185 974	14 336	81 020	7 134	9 533	1 750
1900-1901	202 728	14 447	76 115	7 335	12 989	1 679
1901-1902	171 134	13 257	79 244	6 829	9 978	1 731

Extrait de la *Statistique officielle des Indes Néerlandaises.*

Remarques. — 1° Le picol de Batavia est de 61,7 kg. Celui de Singapore de 60,47 kg;
2° Les chiffres précédents sont en picols de Batavia;
3° La production de Singkep en 1901-1902 comprend, pour une faible portion non spécifiée, celle de la mine, que possède la Compagnie à Malakka (Kedah);
4° L'année d'exploitation commence avec le 1er janvier du calendrier chinois qui tombe à des dates variables suivant les années (Janvier ou Février).

Tableau IX

a) *Devis des frais de sondages pour une période de douze mois aux Indes orientales néerlandaises.*

	FLORINS
Machines et outils de la Oil Well Supple C°, de New-York : chaudière de 20 ch, moteur 15 ch, tubes, outils de sondages, f. 0,6, New-York.	11 325
Transport aux Indes (20 0/0)	2 265
Petit outillage : forges, cordages, boulons, etc.	1 500
Charpente du sondage; bordage	5 000
Construction d'une route et transport, calculée sur une distance de 13 km de la rivière navigable la plus voisine; établissement d'une voie Decauville; ouverture et nivellement de la route	20 000
Construction d'un appontement provisoire et petits transports accessoires	1 300
Maison d'habitation, construction et abatis d'arbres	1 000
Maison d'Européens (3 hommes); logement de 25 indigènes et magasin pour le matériel, le tout en rotin et feuilles de palmier.	1 200
Chef de sondage, salaires et voyage aller et retour d'Amérique en 2e classe	8 000
Dépenses courantes : appointements du directeur, salaires des 25 indigènes, nourriture, etc.	48 000
Total.	100 000

On peut admettre que ces résultats sont satisfaisants si deux ou trois sondages donnent une production journalière de 50 à 60 t.

b) *Exemple de dépenses nécessitées pour la mise en marche d'une exploitation.*

	FLORINS
Achat d'une concession.	1 000 000
Forage des puits.	500 000
Canalisations	900 000
Raffinerie.	1 000 000
Fonds de roulement	2 000 000
Total.	5 400 000

N. B. — Un florin = 2,05 f environ.

TABLEAU XI

Principales Compagnies Minières aux Indes Orientales Néerlandaises.

(Pétrole excepté.)

NOMS	SIÈGE SOCIAL	OBJET DE L'EXPLOITATION	CAPITAL	EMPLACEMENT DE LA CONCESSION
			florins	
Compagnie des mines et d'exploration Kwandang-Soemalata	Amsterdam	Or, argent, etc.	2 400 000	Nord-Célèbes
Compagnie indo-néerlandaise de mines	Batavia	Id.	5 000 000	Nord-Célèbes, Paleleh
Compagnie minière « Nord-Célèbes »	Amsterdam	Id.	1 200 000	Nord-Célèbes
Compagnie de l'Est-Bornéo	Amsterdam	Houille	2 600 000	Bornéo-Est
Syndicat d'exploration Pagoeat	Batavia	Or, argent	1 200 000	Nord-Célèbes
Compagnie minière Totok	Batavia	Id.	1 200 000	Id.
Compagnie Redjang-Lebong	Batavia	Id.	2 300 000	Sumatra
Compagnie Ketahoen	Batavia	Id.	»	Sumatra
Compagnie Soemalata	Amsterdam	Id.	3 000 000	Nord-Célèbes

TABLE DES MATIÈRES

LA TURBINE A VAPEUR DU SYSTÈME RATEAU

ET SES APPLICATIONS [1]

PAR

M. J. REY

La substitution de la turbine au moteur à piston, qu'il était donné à notre époque de voir se réaliser, est le fait le plus important de l'histoire des machines à vapeur, sinon le progrès le plus considérable des arts mécaniques, depuis l'invention mémorable de Papin et de Watt.

De nombreux précurseurs, des inventeurs sagaces, des esprits pénétrants, dès les premières années du XIXe siècle, ont prévu l'avenir réservé au moteur à mouvement rotatif et flux continu, par opposition au moteur à flux discontinu et mouvement alternatif, seul employé dans la pratique jusqu'à ces dernières années.

Il me suffira de citer le nom de notre compatriote Tournaire, Inspecteur général des Mines, dont la description théorique, à l'Académie des Sciences, en 1853, d'une turbine à roues multiples par réaction, est saisissante, lorsqu'on la compare à la machine que l'anglais Parsons a réalisée trente-quatre ans plus tard; celui de Pilbrow qui, dans un brevet pris en 1843, décrit une roue à vapeur, munie de distributeurs convergents-divergents, sur le principe mis en œuvre plus tard, dans la turbine bien connue du suédois de Laval.

Il fallait, toutefois, pour réaliser et utiliser la turbine à vapeur, plusieurs conditions indispensables :

La connaissance exacte des propriétés physiques de la vapeur d'eau, ainsi que celle des lois de la thermo-dynamique, permettant le calcul de la vitesse d'écoulement de ce fluide, et celui du travail total qu'il peut fournir pour une chute de pression déterminée;

La possibilité d'employer des métaux de grande résistance et de parfaite homogénéité, capables de soutenir les efforts énormes dus à la force centrifuge dans les corps tournant à des vitesses angulaires aussi élevées;

(1) Voir planche n° 67.

Un mode nouveau de transmission de l'énergie aux machines réceptrices les plus variées de l'industrie, utilisant, sans déchet notable, les vitesses considérables des turbines.

Les progrès des sciences physiques, ceux de la métallurgie, enfin la découverte des génératrices et moteurs électriques d'induction, ont donné maintenant la solution pratique de ce grand problème et ont rendu possible cette révolution de la mécanique industrielle.

A l'heure actuelle, on ne peut plus dire que la turbine est la machine de l'avenir, c'est déjà celle du présent. Plusieurs centaines de milliers de chevaux de moteurs à turbines sont en service ou en construction, et, d'ici peu d'années, il n'est pas téméraire d'affirmer qu'à l'exception des locomotives, des machines d'extraction et des laminoirs, et, dans une certaine mesure, des machines de marine, il ne se construira plus de moteurs à mouvement alternatif.

Nous ne nous proposons pas de donner ici un résumé, même succinct, des travaux auxquels a donné lieu la turbine à vapeur ces dernières années, parmi les Ingénieurs et les spécialistes. Pour traiter la question d'ensemble, il faudrait passer en revue les idées des précurseurs (1) et examiner les nombreux brevets (plusieurs centaines à l'heure actuelle) déposés dans les principaux pays depuis une quinzaine d'années.

Notre but est plus modeste : nous désirons nous restreindre à la monographie de la turbine créée par M. Rateau, Ingénieur au Corps des Mines, en collaboration avec la maison Sautter, Harlé et Cie, qui a fait, depuis l'origine, toutes les études et les expériences concernant ce nouvel appareil.

Il est toutefois indispensable, pour mieux préciser la question, de donner une classification rationnelle des divers systèmes de turbines à vapeur, permettant de fixer, en même temps que la catégorie à laquelle se rattache la turbine Rateau, son principe de construction, son mode de fonctionnement et les avantages techniques qu'elle présente.

Avant d'indiquer cette classification, quelques mots d'historique sur l'invention elle-même nous paraissent utiles.

(1) Voir notamment l'intéressante étude : *Roues et Turbines à vapeur*, publiée par M. Sosnowsky, dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement à l'Industrie Nationale, 5e série, t. II, p. 1153 et suivantes.

Historique des turbines Rateau.

Les travaux pratiques de M. Rateau sur les turbines à vapeur remontent à l'année 1894, où il commença la construction d'une première turbine à une seule roue mobile, destinée à la commande des machines dynamos.

Avant cette époque, M. Rateau s'était déjà préoccupé de la question des turbines, et l'on trouvera, dans les comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie Minérale (séances du 1er mars et du 12 avril 1890), une communication intéressante de cet Ingénieur sur les turbines Parsons, ainsi qu'une discussion sur l'emploi de la vapeur en vitesse ou en pression.

Il est intéressant de noter que M. Rateau indiquait déjà, à cette époque, la construction de turbines à roues et distributeurs, tous deux mobiles en sens inverse, idée qui a été reprise tout récemment par divers inventeurs.

Les études sur les turbines à une roue furent poursuivies pendant les années 1895 et 1896, à Saint-Étienne et à Paris. Après avoir essayé successivement le mode centrifuge et le mode centripète, elles aboutirent à l'établissement de groupes électrogènes à une ou deux dynamos avec roues hélicoïdes genre Pelton, dont un petit nombre furent construits et sont encore en fonctionnement.

M. Rateau s'aperçut bien vite des inconvénients de la turbine à une seule roue et des avantages que présenterait un système à roues multiples, la vapeur travaillant suivant le mode d'action ou d'impulsion, au lieu du mode à réaction employé par Parsons. Ses idées se précisèrent vers l'année 1897, et c'est à cette époque qu'il conçut le principe de sa turbine hélicoïde multicellulaire d'impulsion, dont l'avenir devait montrer les avantages.

L'année suivante, la maison Sautter-Harlé commença la construction d'une machine de 900 ch, basée sur ce principe.

De nombreuses difficultés se présentèrent en cours de construction et à la suite des premières expériences; nous n'en citerons que quelques-unes : l'équilibrage parfait des pièces mobiles; un graissage automatique des paliers; les garnitures étanches aux extrémités de sortie des arbres; le réglage de la vitesse; les meilleures dispositions pour réduire le frottement des disques, et d'autres détails qu'il serait trop long de mentionner, réclamèrent beaucoup de soins et de temps pour être mis au point.

Une première unité de 1 000 ch devait figurer à l'Exposition de 1900; elle ne fut pas prête à temps, et ses premières expériences n'eurent lieu qu'après la fermeture de l'Exposition.

En même temps que la turbine, il fallut créer la génératrice d'électricité qu'elle devait actionner. On aborda tout d'abord le courant triphasé, et on construisit un premier alternateur à fer tournant, d'une puissance de 700 kilowatts.

Depuis l'année 1901, les progrès furent rapides.

L'emploi des turbines à basse pression augmenta également le champ d'action de ces nouveaux appareils. A l'heure actuelle, les ateliers Sautter-Harlé ont livré ou en essais plus de 17 000 ch de turbines, et ce chiffre va en s'augmentant rapidement.

En terminant ce que nous avons à dire ici sur les travaux théoriques de M. Rateau, rappelons qu'il a déposé à l'Académie, au mois de mai 1901, un dossier renfermant l'ensemble de ses recherches, à cette époque, sur les turbines à vapeur (1).

Classification des divers systèmes de turbines.

Les turbines à vapeur font partie de la classe générale des machines qui agissent sur un fluide au moyen d'une ou de plusieurs roues cloisonnées mobiles.

Dans la turbine, la roue mobile est poussée par le fluide moteur dont la direction appropriée est fixée par des canaux distributeurs.

Une turbine ou un élément de turbine se compose donc de deux organes fondamentaux : la roue mobile et le distributeur.

(1) Les diverses notes que renfermait ce dossier étaient, les unes déjà publiées, et d'autres inédites. Elles se rapportaient à toutes les questions intéressant les turbines à vapeur. Nous en donnons la nomenclature :

1° *Rapport sur les turbines à vapeur*, au Congrès international de Mécanique appliquée, en 1900 ;
2° *Traité des turbo machines* (publié en 1900) ;
3° *Abaque des consommations théoriques d'une machine à vapeur* (publié aux *Annales des Mines*, en 1897) ;
4° *Résistance des corps tournants* (publié en 1890, *Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale) ;
5° *Appareil servant à mesurer l'humidité d'une vapeur* (*Annales des Mines*, 1898) ;
6° *Mémoire sur des recherches expérimentales concernant l'écoulement de la vapeur d'eau* (inédit, publié depuis aux *Annales des Mines*, 1902) ;
7° *Théorie des turbines à vapeur* (inédit, publié depuis dans la *Revue de Mécanique*, en 1903) ;
8° *Expériences sur la poussée de vapeur* (inédit) ;
9° *Expériences sur les turbines à vapeur* (inédit) ;
10° *Expériences sur un ventilateur centrifuge à haute pression* (inédit, publié depuis à la Société d'Encouragement et au *Bulletin* de l'Industrie Minérale, novembre 1901).

La roue mobile peut affecter des formes nombreuses : suivant les cas, c'est une roue massive d'un seul morceau taillée dans un bloc de métal avec les aubes, ou bien une roue en tôle avec aubes rapportées, ou bien, encore, une roue formée d'une partie pleine massive sur laquelle on rapporte, à la périphérie, les aubes maintenues par deux couronnes rivées.

Les inventeurs se sont donné libre carrière et bien des dispositions sont possibles; mais, en réalité, deux types prévaudront : la roue légère en tôle avec aubes rapportées et la roue massive avec aubes taillées dans la masse.

Une troisième forme de roue peut être établie, à la vérité; elle consiste à supprimer le corps proprement dit de chaque roue en montant les diverses couronnes d'aubes sur un tambour unique.

Le distributeur est formé, comme dans les turbines hydrauliques, par des directrices courbes, ou bien il se compose simplement d'une ou de plusieurs tuyères à section circulaire calculée d'après les propriétés de la détente des fluides élastiques.

La construction des distributeurs peut être très variée; ce sont, tantôt, des canaux pratiqués dans la masse du métal, ou formés, au contraire, de pièces rapportées en métal léger; suivant que la distribution se fait sur toute la périphérie ou par fraction d'arc de cercle, la construction peut se modifier de bien des manières.

La classification des turbines à vapeur peut s'établir par trois ordres de considérations :

1° Par le nombre des roues mobiles que renferme la turbine;

2° Par le mode de parcours du fluide moteur;

3° Par le mode de fonctionnement du fluide moteur.

Passons en revue successivement ces trois catégories, et examinons quels sont les divers genres de turbines qu'elles représentent à leur tour :

Nombre de roues.

La classification par le nombre des roues comprend deux genres :

Les turbines à une seule roue mobile;

Les turbines à roues multiples.

Les turbines à une seule roue mobile se subdivisent à leur tour en turbine avec roue à aubes rapportées et turbine avec roue à aubes fraisées.

Parmi les turbines à une seule roue avec aubes rapportées citons particulièrement la turbine de Laval, la turbine Seger.

La turbine Rateau à une roue, construite dès 1894, comprend des aubes fraisées dans la masse, la roue étant d'un seul morceau. Il en est de même de la turbine Riedler-Stumpf qui a fait beaucoup parler d'elle ces deux dernières années, en Allemagne.

Les turbines à roues multiples comprennent les trois genres suivants :

Les turbines à tambour;

Les turbines à groupes de roues;

Les turbines multicellulaires.

Parmi les turbines à tambour, la plus connue, qui est également la plus répandue, est la turbine Parsons.

Les turbines à groupes de roues, que l'on peut appeler également turbines à vitesses étagées, ont fait leur apparition pour la première fois, avec la turbine Curtis.

Comme turbine multicellulaire, la plus connue actuellement est la turbine Rateau.

Mode de parcours du fluide moteur.

Le parcours du fluide moteur dans la roue mobile peut s'effectuer de deux manières principales :

Dans le premier cas, le fluide moteur traverse la roue parallèlement à l'axe; on obtient ainsi les turbines axiales ou hélicoïdes.

Pendant ce parcours, le fluide chemine en restant sensiblement à la même distance de l'axe de rotation.

Dans le second mode, le fluide moteur se meut dans un plan perpendiculaire à l'axe. On obtient ainsi les turbines radiales; elles comprennent deux genres :

La turbine centrifuge dans laquelle le fluide se meut en s'éloignant de l'axe;

La turbine centripète, dans laquelle le fluide se rapproche de l'axe.

On peut, enfin, combiner les deux modes, turbine axiale et turbine radiale en faisant parcourir au fluide un chemin oblique par rapport à l'axe; on obtient ainsi des turbines hélico-centrifuges ou hélico-centripètes.

Comme exemple de turbine hélicoïde ou axiale, on peut citer toutes les turbines actuellement entrées dans la pratique.

Le mode de parcours centrifuge ou centripète n'a donné, malgré de nombreux essais, que des résultats médiocres.

Les turbines radiales sont beaucoup plus compliquées de construction et elles ne présentent, au point de vue du rendement ou du fonctionnement, aucun avantage sur les turbines hélicoïdes.

MODE DE FONCTIONNEMENT DU FLUIDE MOTEUR.

La troisième catégorie pour le classement des turbines à vapeur est basée sur le mode de fonctionnement du fluide moteur.

Comme en hydraulique, on peut faire fonctionner toute turbine à vapeur par réaction ou par impulsion.

Le premier groupe, ou turbine à réaction, comprend notamment la turbine Parsons, la turbine Westinghouse, qui n'en est qu'une variante.

Dans le second groupe se trouvent la turbine de Laval, la turbine Rateau, la turbine Curtis, la turbine Riedler et beaucoup d'autres encore.

I. — CLASSIFICATION PAR LE NOMBRE DES ROUES

Nous allons passer en revue un certain nombre d'exemples choisis dans les turbines les plus connues et qui nous permettront d'illustrer notre classification et de la faire mieux comprendre.

Turbine à une roue.

La figure 1 représente la roue hélicoïdale, bien connue, de la turbine de Laval.

On remarquera les distributeurs formés de tuyères convergentes-divergentes et placées obliquement. La roue est formée d'une partie massive avec ailettes rapportées à queue d'hironde, maintenues par une jante métallique.

A l'aide d'aciers spéciaux employés par la maison Bréguet dans la construction de ses roues, il est possible, en pratique, de pousser la vitesse périphérique jusqu'à 350 m par seconde. On a même, paraît-il, atteint, dans certaines expériences, jusqu'à 400 m.

Nous rappelons ici que la roue de Laval est montée sur un

arbre de faible diamètre, dont la flexibilité permet à l'axe principal d'inertie du système de se placer suivant l'axe géométrique, malgré les petits défauts d'équilibrage qu'il est à peu près impossible de supprimer, dans la pratique.

La figure 1 *(Pl. 67)* se rapporte à une roue hélicoïde d'une turbine Rateau à une roue, genre Pelton.

Ce système, breveté en France en 1894, est constitué essentiellement par une roue taillée dans la masse avec aubes fraisées, au lieu d'être rapportées. Cette construction assure à la roue mobile plus de solidité; l'usure par frottement des aubes n'offre plus d'inconvénients, car leur épaisseur est beaucoup plus considérable; on ne court plus le danger de voir ainsi la roue se

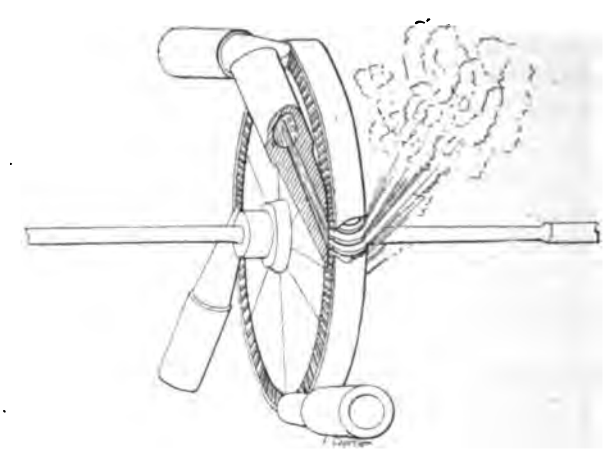


Fig. 1. — Roue de Laval.

déséquilibrer par suppression ou par diminution d'une ou de quelques aubes.

Avec une roue de 30 cm de cette construction, il a été possible de tourner à 24 000 tours par minute, ce qui représente une vitesse périphérique de 375 m.

Comme on le remarquera, les aubes ont la forme d'auget Pelton. La distribution de vapeur se fait donc diamétralement et est parfaitement symétrique par rapport à la roue. On évite ainsi les poussées longitudinales.

L'ensemble de la roue et des distributeurs, qui sont formés de tuyères diamétrales, est indiqué sur la figure 2 qui représente un groupe électrogène d'une puissance de 40 kilowatts à 15 000 tours par minute, construit par la maison Sautter, Harlé et Cie, en 1895.

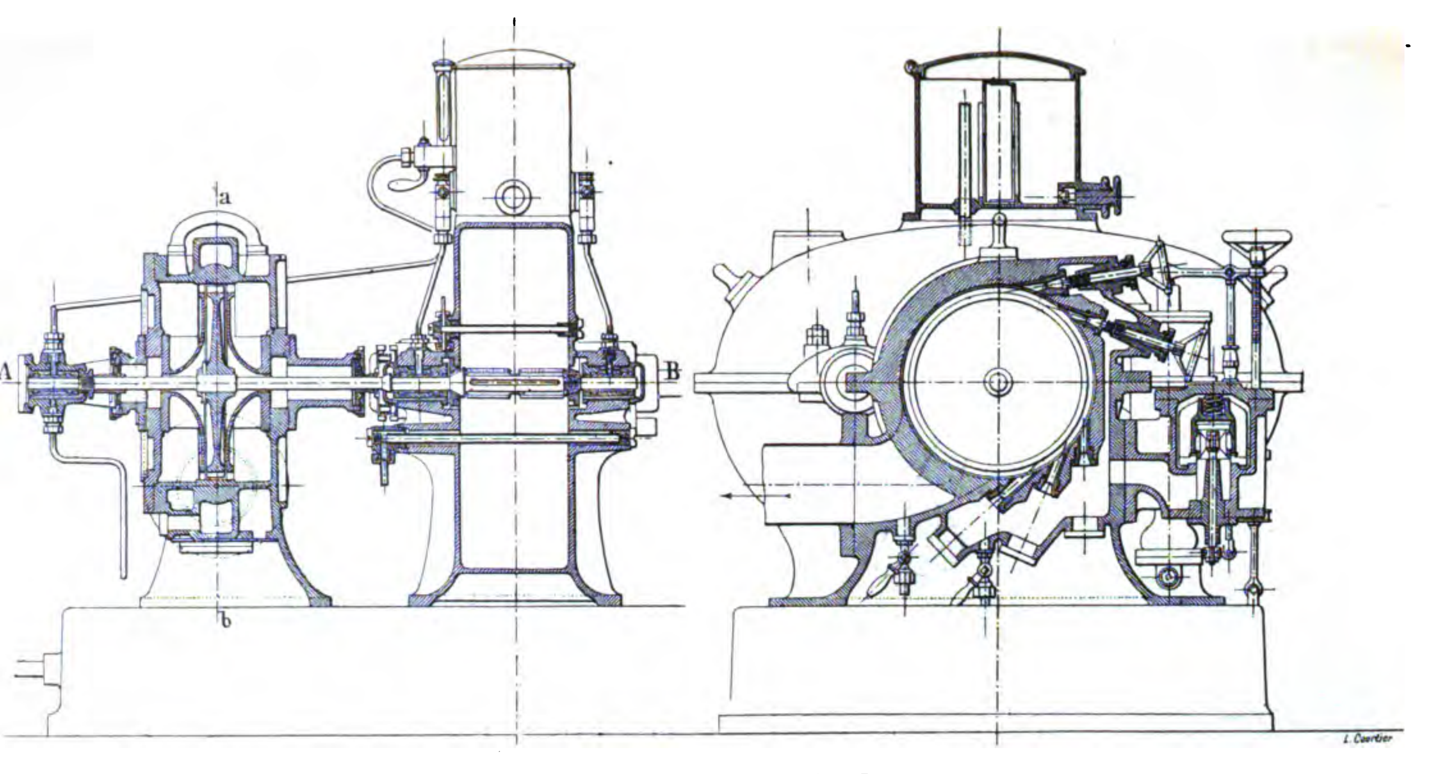


Fig. 2. — Turbine à une roue, système Rateau.

Plusieurs exemplaires de ces machines sont, à l'heure actuelle, en fonctionnement

La figure 2 *(Pl. 67)* représente l'un de ces modèles. Il est facile d'y remarquer la distribution par tuyères diamétrales. L'arbre de la turbine porte un pignon commandant, par deux engrenages hélicoïdaux, les deux arbres des dynamos.

Cette disposition est la même que celle employée dans la turbine de Laval. Elle a, d'ailleurs, les mêmes inconvénients au point de vue de la transmission de l'énergie entre la turbine et les dynamos.

Ces toutes dernières années, la construction de la roue genre Pelton à aubes fraisées, imaginée par M. Rateau, a été reprise, en Allemagne, par les professeurs Riedler et Stumpf pour la mise en œuvre d'une turbine à une roue, construite par l'Allgemeine Elektricitats Gesellschaft.

La figure 3 *(Pl. 67)* représente une roue Riedler et Stumpf pour une turbine de 2 000 ch. Cette figure est extraite, comme les suivantes, d'un mémoire de Riedler à la Société Technique allemande de Construction des navires.

Les distributeurs employés dans la turbine Riedler et Stumpf, sont représentés, en coupe et en vue extérieure, sur la figure 4 *(Pl. 67)*.

On remarquera le grand nombre de tuyères qui sont néces-

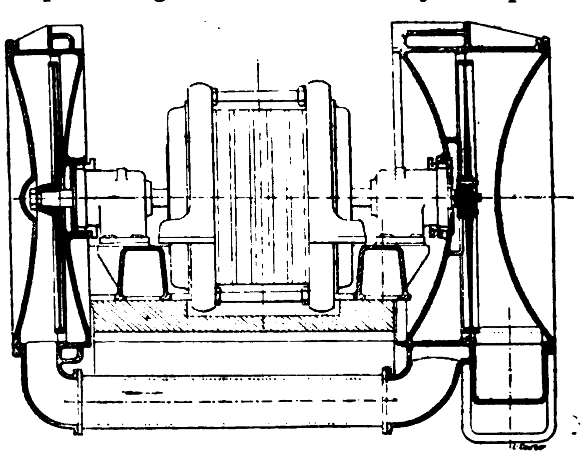


Fig. 3. — Turbine à deux roues, système Riedler.

saires pour constituer un distributeur d'une roue Riedler et Stumpf. Il faut, en effet, pour de grandes puissances, débiter un poids considérable de vapeur sur la même roue, et il devien-

drait impossible de loger, à la périphérie de la roue, des tuyères plus grosses et en petit nombre, car leur longueur deviendrait trop considérable.

Les inventeurs ont reconnu bien vite qu'une turbine à une roue ne pouvait avoir qu'un médiocre rendement, et ils en sont venus à la combinaison d'une turbine à deux roues dont la coupe générale est représentée, pour une puissance de 2000 ch, sur la figure 3.

Nous indiquerons plus loin quelles sont les diverses causes qui agissent sur le rendement mécanique dans une turbine à vapeur, mais il est facile de montrer immédiatement l'avantage qu'il y a à multiplier le nombre des roues en fractionnant la chute de vapeur.

Le rendement mécanique dépendant essentiellement du rapport de la vitesse périphérique de la roue mobile à la vitesse absolue de la vapeur au moment de son introduction, il faut, étant données les vitesses considérables des fluides élastiques soumis à une chute de pression, ou bien atteindre, pour la roue mobile, des vitesses périphériques énormes, ou fractionner la chute totale de la vapeur en une série de chutes plus faibles.

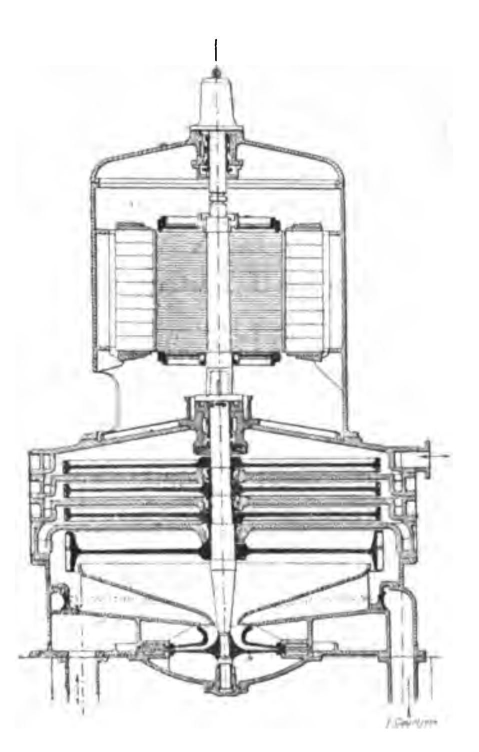


Fig. 4. — Turbine Reidler à quatre roues.

Si l'on emploie, par exemple, de la vapeur à une pression de 10 kg effectifs se détendant jusqu'à un vide de 65 cm de mercure, on voit que la vitesse d'écoulement créée par cette chute est, pour de la vapeur saturée, de 1 135 m.

Pour obtenir un rendement acceptable, avec une turbine à une roue, il faudrait, dans ces conditions, dépasser 400 m de vitesse périphérique, limite qu'il paraît très difficile d'atteindre

pour des roues de grand diamètre. Ainsi, pour une machine de 1 000 kilowatts, par exemple, tournant à 1 500 tours par minute, on voit que le diamètre devrait atteindre au moins 5 mètres pour la vitesse périphérique demandée ; avec de telles dimensions, la construction exacte de la roue, l'équilibrage parfait de toutes ses parties, deviendraient à peu près impossibles.

Aussi ne faut-il pas s'étonner que les inventeurs de turbines à une roue en viennent successivement à augmenter le nombre de leurs éléments.

La figure 4 représente une turbine Riedler et Stumpf de 500 kilowatts, à quatre chutes successives de vapeur.

On peut donc considérer, qu'à l'exception des faibles puissances, permettant l'emploi des engrenages de réduction de vitesse, l'application des turbines à une roue ne sera pratique que pour les engins tels que les pompes et les ventilateurs à grande élévation qui comportent l'utilisation immédiate de vitesses de rotation extrêmement élevées.

Les turbines à roues multiples sont les seules d'une application vraiment générale.

Turbines à roues multiples.

Turbines a tambour avec couronnes d'aubes mobiles.

La caractéristique de ce genre est l'emploi d'un tambour mobile portant des couronne d'aubes toutes semblables entre elles.

L'ensemble d'une turbine ainsi constituée comporte généralement plusieurs tambours de diamètres variables, chacun surmonté d'un certain nombre de couronnes d'aubes mobiles.

Le prototype des turbines à tambour est la turbine bien connue de Parsons.

La turbine Parsons de 1 500 ch, fournie à la ville d'Elberfeld, et qui a donné lieu à des essais retentissants, est représentée figure 5 *(Pl. 67)*.

La turbine commande un alternateur de 1 000 kilowatts à induit tournant à la vitesse de 1 500 tours par minute.

La construction de la couronne d'aubes mobiles et du distributeur de Parsons est représentée figure 6 *(Pl. 67)*.

A l'exception des dimensions, cette construction s'est généralisée pour ce genre de machines.

Le distributeur est formé d'une couronne d'ailettes courbes se

fixant dans l'enveloppe extérieure. La couronne d'aubes mobiles vient se claveter sur le tambour. La hauteur des ailettes varie naturellement avec le poids et le volume de vapeur à débiter.

La figure 7 *(Pl. 67)* donne une vue intérieure d'une turbine Parsons, le tambour mobile enlevé et les distributeurs successivement fixés dans l'enveloppe.

La figure 5 donne la coupe verticale d'une turbine Parsons

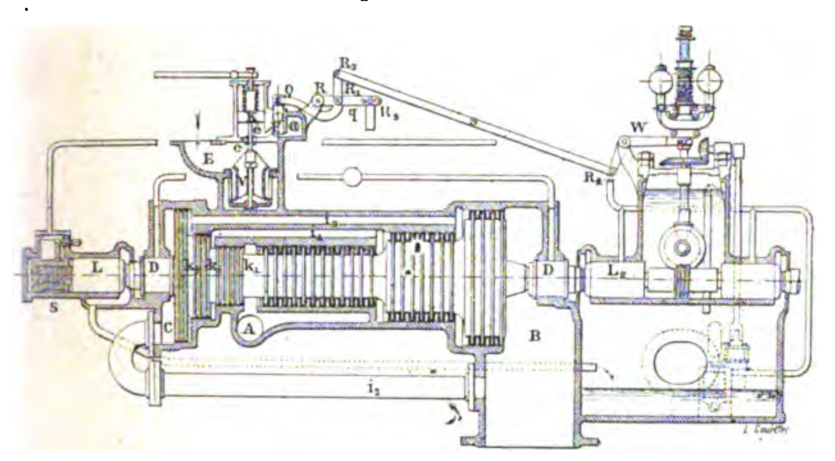


Fig. 5. — Coupe verticale d'une turbine Parsons.

qui permet de saisir facilement le principe de distribution. Dans les grandes machines, le tambour mobile comporte plusieurs diamètres différents d'aubages. Pour équilibrer la poussée longitudinale, on construit parfois le tambour symétriquement par rapport à un plan médian perpendiculaire à l'axe, mais il faut alors doubler le nombre des aubages mobiles. Comme on le remarquera, sur toutes les roues, la distribution est totale, c'est-à-dire que l'aubage mobile est alimenté sur toute sa périphérie : c'est là une nécessité, comme nous le verrons plus loin, lorsque la vapeur agit en réaction.

Turbines a groupes de roues.

Au lieu de détendre successivement la vapeur sur chaque roue mobile ou couronne d'aubages mobiles, on peut se proposer de la détendre par groupes de roues, chaque groupe utilisant une seule détente ou une seule chute de vapeur, la vitesse d'écoulement créée par la chute étant maxima sur la première roue du groupe, tandis que les autres roues qui suivent n'utilisent que la vitesse restante au sortir de cette première roue.

Ce principe de distribution a été désigné, pour la première fois, croyons-nous, par M. Mortier (1), sous le nom de distribution par vitesses étagées, par opposition à la distribution par pressions étagées qui est celle, par exemple, de la turbine Parsons et de la turbine Rateau. On pourrait appeler également ce système turbine à chutes de vitesse.

Parmi les machines actuellement basées sur ce principe et ayant déjà des applications pratiques est la turbine américaine Curtis. Nous allons donner quelques exemples qui feront comprendre ce mode de construction.

La figure 6 représente un ensemble de turbine Curtis avec alternateur, constitué par deux groupes de trois roues chacune, d'une puissance de 500 kilowatts.

L'ensemble de la triple roue mobile de Curtis est lui-même représenté à la figure 8 (*Pl. 67*).

Comme on le voit, la première roue utilise la détente complète de la vapeur, telle qu'elle résulte de la chute de pression admise, au moyen d'un premier distributeur.

Entre la première et la deuxième roue, se trouve un deuxième distributeur qui n'a pour effet que d'utiliser la vitesse restante au sortir de la première roue et d'envoyer ainsi la vapeur dans la deuxième roue avec la direction convenable.

Un troisième distributeur est placé au sortir de la deuxième roue et utilise la vitesse restante, beaucoup moindre, au sortir de la deuxième roue; il dirige le flux de vapeur sur la troisième roue.

Comme nous le verrons plus loin, il est facile de montrer que tout système par vitesses étagées a forcément un rendement moindre que le système par pressions étagées et qu'il y a avantage à réduire le nombre des roues.

La figure 7 représente l'un des derniers groupes électrogènes avec turbine Curtis, décrit dans l'*Engineering*, du 5 février 1904, figure 2, où les deux groupes de trois roues sont remplacés par quatre groupes de deux roues seulement.

D'après l'article en question, cet ensemble devrait fournir une puissance de 2 500 kilowatts à la vitesse de 750 tours par minute.

Faisons observer, dès maintenant, que la turbine Curtis, utilisant la vapeur par impulsion, comme la turbine Rateau, lorsque

(1) *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, séance du 12 avril 1890, à Saint-Étienne.

le nombre de roues par groupes sera réduit à l'unité, sera identique, en principe, à la turbine Rateau.

Sur la figure 9 *(Pl. 67)* sont représentés des fragments d'aubages de roue Curtis, pour une puissance de 1 500 kilowatts ; les aubes sont taillées dans la masse et munies d'un tenon supportant une jante à la périphérie.

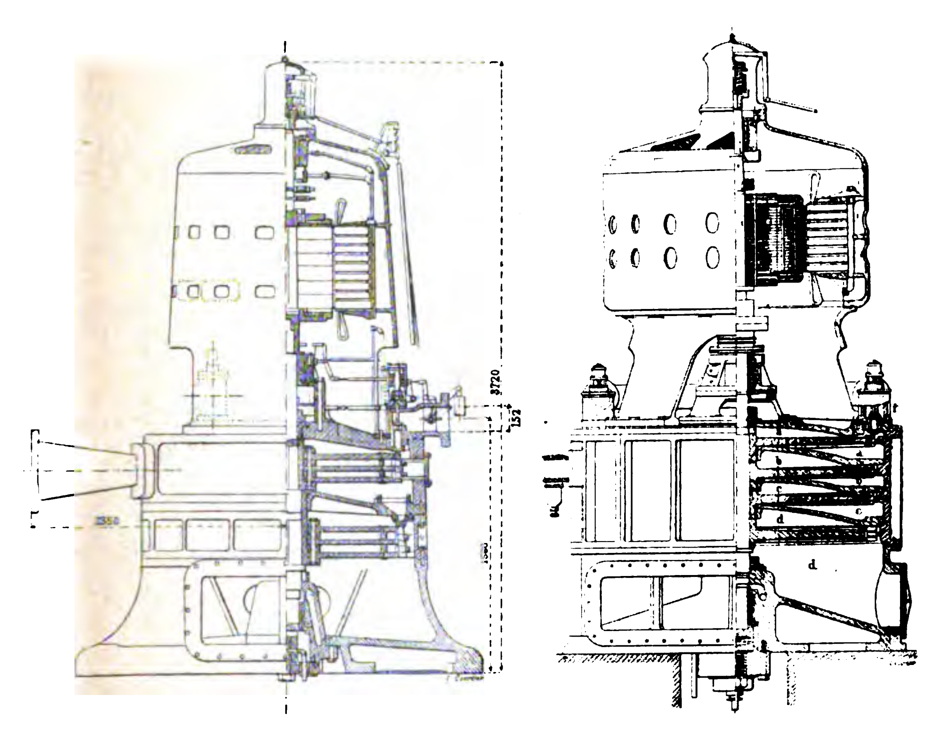


Fig. 6. — Groupe électrogène Curtis, deux groupes de trois roues.

Fig. 7. — Groupe électrogène Curtis, quatre groupes de deux roues.

TURBINES MULTICELLULAIRES.

La seule turbine multicellulaire actuellement employée dans l'industrie est la turbine Rateau.

Son principe essentiel consiste à employer la vapeur par pressions étagées; chaque roue utilise une chute de pression déterminée, qui est une fraction de la chute de pression totale entre la chaudière et le condenseur.

Chacune des roues travaille d'une façon isolée ; elle est enfermée dans une cellule constituée par deux diaphragmes qui la limitent de part et d'autre.

La coupe ci-dessous, d'une turbine Rateau, montre clairement cette disposition.

Cette figure se rapporte à un ancien modèle avec paliers intérieurs, calculé pour une puissance de 1 200 ch à 1 800 tours par minute.

Les roues employées dans la turbine Rateau sont en tôle emboutie.

A la périphérie, se trouvent fixées sur la jante, les ailettes pourvues d'un bandage.

L'une de ces roues est représentée figure 10 *(Pl. 67)*.

Les distributeurs de la roue Rateau sont formés d'ailettes courbes maintenues entre des joues également courbes.

La distribution se fait suivant le principe de l'injection partielle, jusqu'à ce que le volume de vapeur devienne tel qu'il y

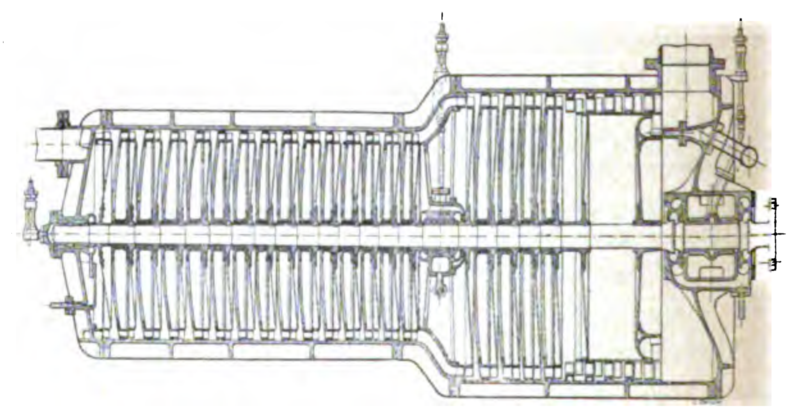


Fig. 8. — Turbine Rateau; coupe verticale.

ait nécessité d'injecter sur toute la périphérie de la roue; dans ce cas, le distributeur occupe, non plus un arc de cercle ou divers arcs de cercles, mais une circonférence complète.

Les distributeurs sont fixés dans des logements disposés à la périphérie des disques qui forment diaphragmes et qui constituent les parois amont et aval de chacune des roues.

Ces diaphragmes sont construits comme une roue avec moyeu, rayons et jante, recouverte d'une tôle exactement rivée.

La figure 11 *(Pl. 67)* montre une série de diaphragmes Rateau avec distributeurs fixés à la périphérie. Ces diaphragmes sont en une seule pièce et de divers diamètres.

On peut employer, en effet, soit des diaphragmes en une pièce, soit des diaphragmes en deux pièces.

La turbine, dont la coupe est donnée figure 8, est construite avec diaphragmes en deux parties.

Une vue de cette turbine, qui a été le modèle choisi par la marine française pour le torpilleur 243, est donnée figure 12 (*Pl. 67*).

On remarquera les facilités de démontage de ce genre de construction.

La figure 13 (*Pl. 67*) représente un ensemble de roues et de distributeurs d'une turbine multicellulaire avec diaphragme en un seul morceau. Sur l'arbre, sont clavetées les différentes roues entre lesquelles on est venu placer les diaphragmes distributeurs.

Il importe de signaler que le jeu par lequel peuvent se produire les fuites de vapeur se trouve ramené à la périphérie de l'arbre, dans l'espace annulaire laissé libre par le moyeu du diaphragme. Ce jeu, d'un millimètre environ, correspond donc à un espace minime et la proportion de vapeur qui peut s'échapper d'une roue à l'autre, sans être utilisée, ne dépasse pas, dans la pratique, quelques centièmes.

On remarque également, des orifices percés dans la tôle des roues, pour éviter toute réaction longitudinale.

Chaque roue se meut donc dans une cellule où la pression est égale sur toute sa surface.

La figure 14 (*Pl. 67*) représente une turbine à un corps d'une puissance de 500 ch sur l'arbre. On remarquera la disposition des paliers, qui sont extérieurs au corps de la turbine, ainsi que la commande du régulateur de vitesse, qui est prise sur le palier principal.

Le corps de cette turbine renferme deux séries de roues de diamètres différents.

Sur la figure 15 (*Pl. 67*) on voit une turbine à deux corps d'une puissance de 700 chevaux sur l'arbre. Il est nécessaire, lorsque la puissance dépasse une certaine limite, de fractionner le corps des turbines ; on éprouverait, en effet, de réelles difficultés à claveter sur le même arbre un trop grand nombre de roues mobiles ; la portée entre les paliers deviendrait ainsi trop considérable.

La figure 16 (*Pl. 67*) représente une turbine de marine à deux corps placés sur deux arbres différents et réunis en série. Le plus petit des corps est dit à haute pression, et l'autre à basse pression.

Cette turbine, d'une puissance de 2.000 ch. environ, a été appliquée récemment à la propulsion d'un torpilleur en Angleterre.

La figure 17 *(Pl. 67)* indique un type mixte, à haute et basse pression et à deux corps.

Le plus grand corps, dit à basse pression, peut être alimenté séparément par de la vapeur d'échappement provenant d'une machine d'extraction de mine.

Le corps à haute pression est alimenté par deux flux de vapeur, l'un à 12 kg de pression, l'autre à 5 kg de pression, provenant de générateurs différents.

Tant que les vapeurs d'échappement sont en quantité suffisante pour donner le plein travail à la machine, le corps à haute pression ne reçoit pas de vapeur et un mécanisme automatique le met en communication avec le condenseur, de façon à réduire le frottement des roues à une valeur minime.

Lorsque les vapeurs d'échappement ne suffisent plus pour assurer le travail, l'arrivée de vapeur se produit dans le corps à haute pression et la vapeur peut ainsi se détendre dans l'ensemble des deux corps.

On peut donc utiliser, par ce dispositif, des vapeurs provenant de trois sources différentes. Il est superflu d'insister sur les avantages d'une telle combinaison, qui paraît tout à fait irréalisable avec une machine à piston.

II. — CLASSIFICATION SUIVANT LE MODE DE PARCOURS DU FLUIDE MOTEUR

Le mode de parcours de la vapeur dans une turbine peut se faire de deux façons différentes :

La vapeur peut suivre un trajet parallèle à l'axe, ou, au contraire, un trajet normal à l'axe.

Dans le premier cas, la turbine est dite « axiale » ou « hélicoïde » ; et, dans le second cas, elle est dite « radiale ».

Turbines axiales ou hélicoïdes.

Les turbines seules employées dans la pratique, jusqu'ici, sont toutes des turbines axiales.

Il nous suffira de les passer en revue :

Dans la turbine Parsons, le fluide est parallèle à l'axe ; il entre,

soit à un bout de la machine pour sortir à l'autre, ou il entre dans le plan diamétral de la machine et s'écoule vers les deux extrémités.

Dans la turbine Rateau, le fluide suit un parcours également parallèle à l'axe; il entre par une extrémité et sort par l'autre.

Dans la turbine de Laval, le fluide entre par l'une des faces de la roue et sort par l'autre.

Il en est de même dans la turbine Rateau première manière, ou dans la turbine Riedler-Stumpf; le trajet ayant la forme bien connue des roues Pelton, le fluide entre par le plan diamétral de la roue et sort sur les deux faces, mais sa direction est toujours parallèle à l'axe.

Les turbines Curtis et Westinghouse sont également des turbines axiales.

Turbines radiales.

Les turbines radiales se partagent en deux groupes :

Les turbines radiales centrifuges;

Les turbines radiales centripètes.

Dans les premières, le fluide s'écoule de l'axe à la périphérie de la roue.

Dans le second groupe, le fluide, au contraire, entre par la périphérie et ressort par l'axe.

Turbines radiales centrifuges.

On peut citer tout d'abord la turbine radiale centrifuge de Dow, constituée par une série de couronnes d'aubes mobiles concentriques où le fluide est lancé successivement par une série correspondante de directrices.

La turbine radiale centrifuge multicellulaire Edwards, dans laquelle la vapeur traverse des canaux distributeurs dirigés de l'axe vers la périphérie, et agit sur des aubes mobiles fixées en porte-à-faux sur le corps de la roue.

A l'extrémité de la machine, la vapeur détendue agit de la manière inverse en flux centripète.

Parsons a également exercé son esprit ingénieux sur la constitution d'une turbine radiale centrifuge représentée figure 9.

La construction est un peu analogue à celle de la turbine de Dow. Les couronnes d'aubes mobiles sont concentriques les unes

aux autres, et, à la périphérie de chaque série, le flux de vapeur est ramené dans l'axe de la série suivante par un canal oblique.

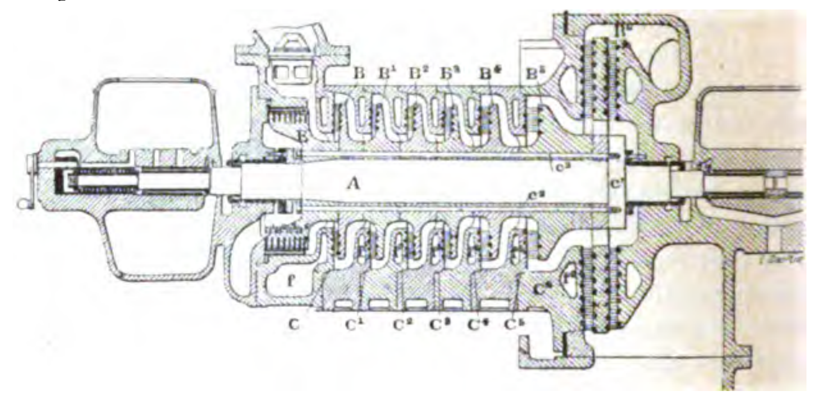


Fig. 9. — Turbine centrifuge Parsons.

Turbines radiales centripètes.

L'un des brevets de Parsons indique une turbine radiale centripète *(fig. 10)*; la construction est l'inverse de la turbine précédente.

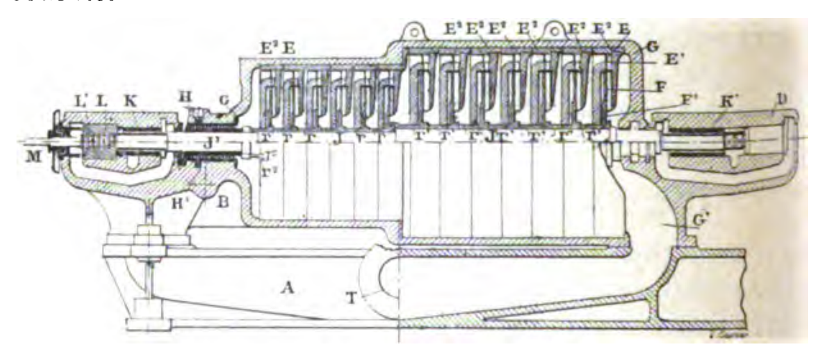


Fig. 10. — Turbine centripète Parsons.

L'inventeur Dumoulin a imaginé aussi une turbine centripète dont la description est donnée dans l'ouvrage de M. Sosnowski (1).

Enfin, dans le même mémoire, se trouve la description de l'originale machine de Last, où chaque roue travaille suivant le mode centrifuge et le mode centripète; le flux de vapeur est, toutefois, légèrement oblique par rapport à l'axe; c'est donc, à la fois, une turbine hélicocentrifuge et hélicocentripète.

(1) *Roues et turbines à vapeur*, Paris, 1901.

III. — CLASSIFICATION SUIVANT LE MODE DE FONCTIONNEMENT DU FLUIDE MOTEUR

La vapeur peut agir dans les turbines snivant deux modes différents :

Le fonctionnement par action ou impulsion et le fonctionnement par réaction.

Dans le mode d'action, la vapeur se détend d'une manière complète dans le distributeur, la chute de pression étant totalement employée à créer toute la vitesse dont le fluide est susceptible ; l'énergie provenant de la détente se retrouvant intégralement dans la force vive des molécules du fluide ainsi mis en mouvement.

La poussée sur l'aubage mobile est donc uniquement due à la quantité de mouvement du fluide, cette poussée étant rigoureusement égale au produit de la masse par la vitesse, en tenant compte, bien entendu, dans le calcul, de l'inclinaison variable de la veine sur l'aube mobile pendant son action ; la densité de la vapeur restant invariable dans le parcours à travers l'aubage mobile, la section de passage peut rester constante.

Dans le mode à réaction, la détente de la vapeur ne se fait que partiellement dans le distributeur, et cette détente s'achève pendant le trajet du fluide dans les canaux de l'aubage mobile.

La vitesse créée, à la sortie du distributeur, pour une chute de pression donnée, est donc moindre que dans le cas précédent, la chute de pression entre l'entrée et la sortie du distributeur étant forcément moindre.

La vapeur agit donc dans l'aubage mobile à la fois par sa quantité de mouvement et par sa pression, à mesure que la détente a lieu dans l'aubage mobile.

La vitesse de circulation s'accroît et la section de passage ne doit pas rester constante. On voit donc que, lorsque la vapeur travaille suivant ce mode d'action, les deux faces de la roue mobile sont soumises à la même pression, puisqu'elle tourne dans un fluide entièrement détendu.

Au contraire, dans la turbine à réaction, les deux faces de la roue mobile sont soumises à des pressions différentes et cette différence est d'autant plus élevée que le degré de réaction est lui-même plus élevé.

Loi de l'écoulement de la vapeur saturée.

Le mode de fonctionnement du fluide moteur dans les turbines dépend essentiellement de la forme et de la direction des aubages fixes et mobiles.

La forme des aubages est déterminée par la loi d'écoulement de la vapeur saturée.

L'écoulement des fluides élastiques par des distributeurs rectilignes ou courbes diffère, en effet, beaucoup de celui des liquides, dès que le rapport de la pression d'aval p à la pression d'amont P est notablement inférieur à l'unité.

Si nous appelons I le débit en poids par seconde, S une section droite de la veine, δ le poids spécifique du fluide dans cette section, et V la vitesse, ces quantités sont liées entre elles par la relation simple

$$I = SV\delta,$$

laquelle n'est autre que l'équation de continuité.

Si le poids spécifique δ est constant, comme c'est le cas des liquides, S est inversement proportionnel à V, et comme la vitesse V augmente toujours à mesure que la pression décroît, S va toujours en diminuant. Aussi les canaux distributeurs des turbines hydrauliques sont-ils toujours convergents. Avec les fluides élastiques il n'en est pas de même : avec la vapeur, à mesure que la pression s'abaisse, le poids spécifique décroît pendant que la vitesse croît, en sorte que le produit, d'abord croissant, passe par un maximum et décroît ensuite.

Dans le cas des gaz, le maximum a lieu pour un rapport

$$\frac{p}{P} \text{ égal à } 0,52;$$

avec la vapeur d'eau, ce rapport est voisin de 0,58. Il en résulte que, lorsque la pression d'aval p est plus basse que 0,58 de P, il est nécessaire que la tuyère d'écoulement, d'abord convergente, devienne ensuite divergente, si l'on veut que la vapeur continue de s'y détendre pour atteindre toute la vitesse correspondant à la chute de pression de P à p. Le rapport de la section finale de la tuyère à la section S du col devra varier avec le rapport $\frac{p}{P}$ des pressions, tandis que la pression au col est toujours égale à 0,58 de P.

Le débit de vapeur est indépendant de la pression d'aval dès

que celle-ci est inférieure à 0,58 de P, tandis qu'il en dépend, au contraire, quand p est plus grand que 0,58 de P.

Il y a donc lieu de distinguer deux cas très différents :

Dans le premier cas, le calcul du débit ne dépend que de P et la formule est simple ; elle peut s'exprimer de la manière suivante, comme le montre M. Rateau :

$$I = SP(15,20 - 0,96 \log P).$$

Dans le deuxième cas, le calcul du débit dépend à la fois de P et de p.

Dans les deux cas, d'ailleurs, c'est la section la plus rétrécie

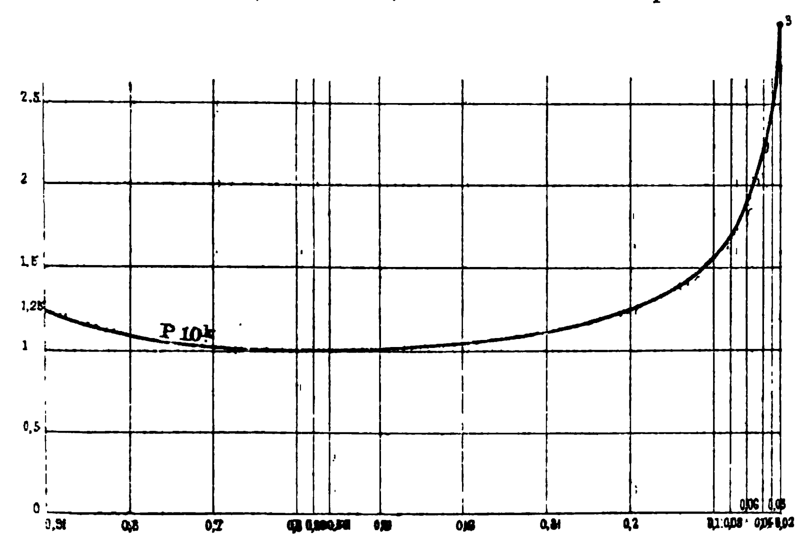


FIG. 11. — Profil des tuyères d'une turbine à vapeur.

de la tuyère (au col, si elle est convergente divergente, ou à la sortie, si elle est seulement convergente), qu'il faut faire intervenir dans le calcul du débit.

Ainsi, lorsque la pression d'aval est supérieure à 0,58 de P, ce qui est le cas général dans les turbines à roues multiples, il faut employer des tuyères convergentes.

Au contraire, lorsque p est plus petit que 0,58 de P, ce qui est le cas des turbines à une roue, comme la turbine de Laval, il devient nécessaire d'opérer avec des tuyères convergentes divergentes, si l'on veut que la vapeur se détende complètement dans la tuyère et qu'elle prenne toute la vitesse qui correspond à la chute de pression de P à p.

La figure 11 représente la courbe donnant la valeur des dia-

mètres successifs d'une tuyère cylindrique en fonction du rapport de détente. Les abscisses indiquent le rapport de détente de la pression d'aval à la pression d'amont, et les ordonnées, la valeur des diamètres.

Lorsque le rapport de la pression d'aval à la pression d'amont tombe au-dessous de 0,58, la tuyère devient convergente divergente; la partie divergente a, malheureusement, une influence fâcheuse sur le rendement; comme M. Rateau l'avait déjà observé dans ses turbines, et comme le professeur Stodola l'a démontré expérimentalement, la veine de vapeur a une tendance à se décoller dans la partie divergente en produisant un ressaut au moment du décollement.

Pour éviter, au moins partiellement, cet inconvénient, il est nécessaire de donner au divergent un angle de conicité faible, ne dépassant pas 3 à 4 degrés. Dans ces conditions, lorsque le rapport de détente est considérable, la tuyère convergente divergente doit avoir une grande longueur, qui peut être particulièrement gênante dès que le débit de vapeur peut être considérable.

En supposant une section rétrécie d'un diamètre unité et une section de sortie d'un diamètre triple de la section rétrécie, pour que l'angle total du divergent reste de 4 degrés, sa longueur devra être égale à vingt-neuf fois le diamètre de la section rétrécie.

Avec une tuyère débitant 200 kg de vapeur à l'heure, et une pression d'amont de 10 kg absolus, la section rétrécie aura un diamètre de 7 mm, la longueur du divergent sera de 203 mm, la détente étant seulement de 2 0/0, ce qui correspond à une pression d'aval de 0,20 kg.

La nécessité de donner une grande longueur aux tuyères convergentes divergentes oblige à en multiplier le nombre, pour réduire leur diamètre et toutes leurs dimensions. C'est là un inconvénient sérieux des turbines à une roue, inconvénient qui n'existe pas dans les turbines à roues multiples où les tuyères sont toutes convergentes.

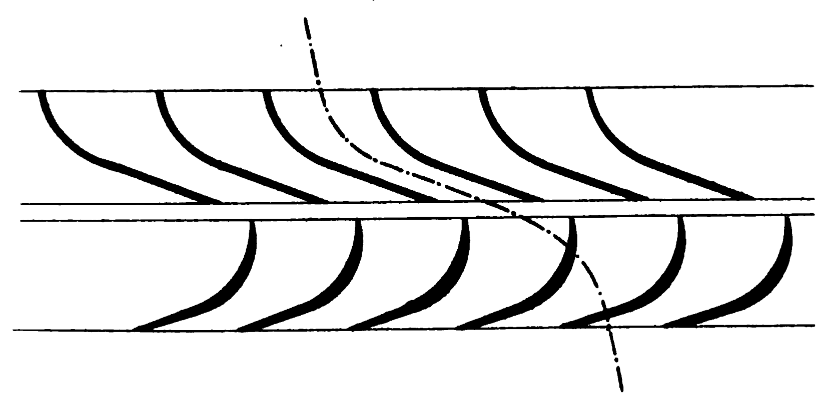
Comparaison des aubages d'une turbine d'action et d'une turbine a réaction.

La figure 12 représente les aubages fixes et mobiles d'une turbine à réaction à roues multiples et ceux d'une turbine d'action.

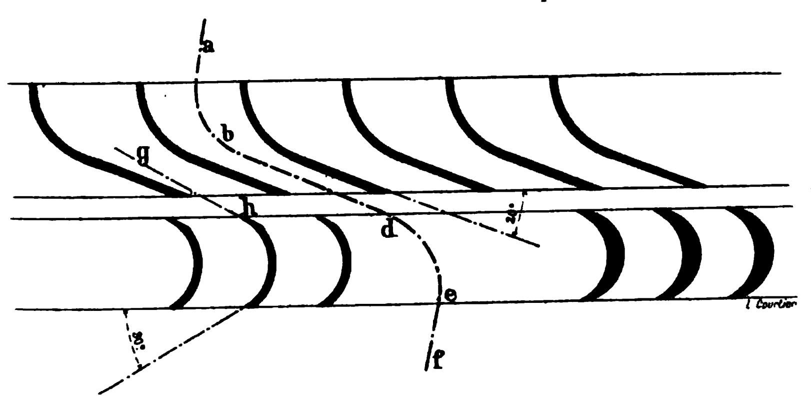
La forme des distributeurs fixes est la même dans les deux cas.

Au contraire, la forme des aubages mobiles est notablement différente :

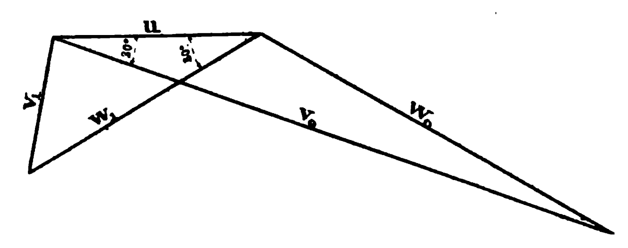
Dans la turbine à réaction, les aubes mobiles ont une section



Turbine à réaction à roues multiples.



Turbine d'action à roues multiples.



Épure des vitesses d'une turbine d'action.

FIG. 12.

décroissante depuis l'entrée du fluide jusqu'à la sortie. Ce fait tient à la détente même de la vapeur dont la vitesse s'accroît de

l'entrée jusqu'à la sortie ; la section de passage suit la loi que nous venons d'indiquer.

Dans la turbine d'action, au contraire, la section des aubages est constante de l'entrée à la sortie.

Pour réaliser ce dispositif, il est nécessaire de renfler légèrement l'aubage au centre. Toutefois, des expériences ont montré que l'on peut fort bien constituer l'aube mobile par une tôle d'égale épaisseur et de forme circulaire placée symétriquement par rapport au plan diamétral de l'axe ; la section de passage n'est pas, alors, rigoureusement constante, mais elle diffère peu de la section théorique et le rendement n'en est pas affecté.

Il est donc facile, à première vue, de distinguer la roue d'une turbine à réaction de celle d'une turbine d'action.

Dans la première, les aubes sont dissymétriques par rapport au plan diamétral, et, dans la seconde, elles sont symétriques.

La même figure donne l'épure des vitesses dans une turbine d'action.

La vitesse absolue d'écoulement de la vapeur à l'entrée dans l'aubage est donnée avec l'angle d'inclinaison du distributeur.

Cette vitesse se compose avec deux autres :

La vitesse d'entrainement de la vapeur, ou vitesse périphérique de la roue, et la vitesse relative de la vapeur dans l'aubage ; celle-ci est inclinée de l'angle même de l'aubage à son entrée.

A la sortie, la vitesse relative de la vapeur est naturellement moindre que la vitesse relative à l'entrée. Cette réduction provient des frottements et des tourbillonnements de la veine gazeuse pendant son trajet dans l'aubage.

En composant cette dernière vitesse relative avec la vitesse d'entrainement, on trouve la vitesse absolue de la vapeur, à la sortie, en grandeur et en direction.

Il est facile, d'après l'épure des vitesses, de calculer le rendement hydraulique d'une turbine d'action.

Conséquences du mode de fonctionnement du fluide moteur dans les turbines.

Le fonctionnement de la vapeur par impulsion ou par réaction entraine, pour ces deux catégories du turbines, des conséquences fort importantes.

Dans la turbine à réaction, il est nécessaire :

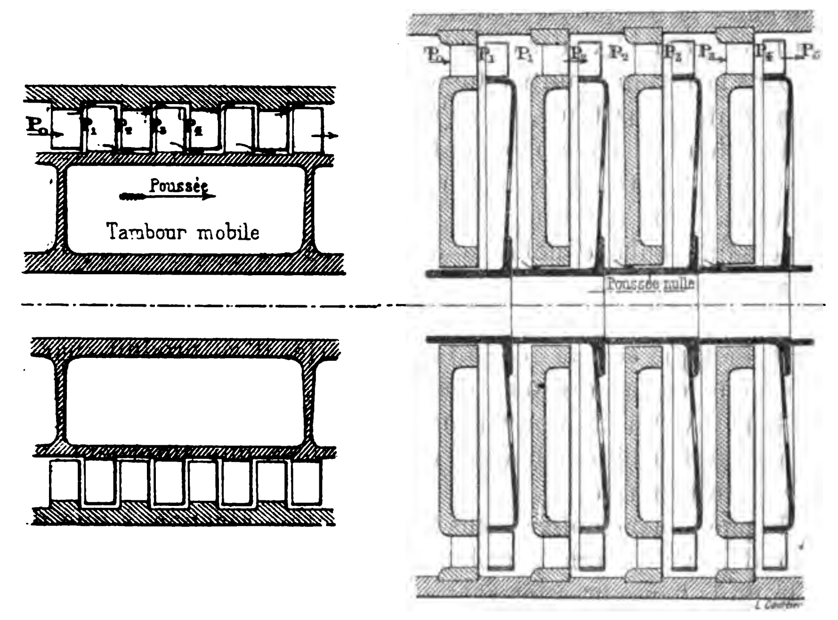
1° D'équilibrer la poussée axiale provenant de la différence

des pressions de la vapeur sur les deux faces de chaque roue mobile ;

2° De ne laisser subsister que de faibles jeux entre les parties fixes et les parties mobiles pour empêcher les fuites de vapeur d'une face à l'autre de l'aubage ;

3° De pratiquer l'injection totale sur toute la périphérie de la roue en vue d'éviter les pertes par tourbillonnements lorsque les canaux de l'aubage mobile arrivent en face d'une paroi fixe.

Le dessin schématique de la figure 13 fait comprendre la diffé-



Turbine à réaction avec roues multiples système Parsons.

Turbine d'action multicellulaire système Rateau.

Fig. 13. — Fuites de vapeur et poussée axiale dans les turbines hélicoïdes.

rence fondamentale qui sépare le fonctionnement d'une turbine à réaction à tambour, du système Parsons, de celui d'une turbine d'action multicellulaire, toutes les deux hélicoïdes.

Le mode de réaction imprime forcément une différence de pression sur les deux faces des couronnes d'aubes mobiles, et, de plus, la différence totale de pression de l'amont à l'aval s'exerce sur les deux faces extérieures du tambour portant les aubes.

Il est donc nécessaire d'équilibrer cette poussée axiale, qui peut atteindre, pour les grandes machines, plusieurs milliers de kilogrammes.

Dans le système Parsons, on équilibre cette poussée en faisant parcourir à la vapeur deux trajets de sens inverses, ou bien on emploie un piston d'équilibrage placé à l'extrémité de la machine et sur les deux faces duquel on admet de la vapeur à des pressions différentes.

Dans la turbine d'action multicellulaire, tout dispositif d'équilibrage est supprimé.

Dans la turbine à réaction, le jeu entre les aubages mobiles et l'enveloppe doit être réduit au minimum. Il en est de même du jeu entre la périphérie extérieure du tambour et la face interne de la couronne fixe des distributeurs.

Dans la turbine multicellulaire, le jeu peut être considérable et atteint, en pratique, jusqu'à 3 et 4 mm entre la partie fixe, distributeur ou enveloppe, et la roue mobile. Seul, le jeu existant entre l'arbre et le moyeu interne du distributeur doit être réduit à 1 mm environ.

Lorsque l'aubage mobile d'une turbine à réaction, remplie de vapeur, se trouve, par le fait même de son mouvement, placé en face d'une paroi fixe, ce qui arriverait si le distributeur ne s'étendait que sur un arc de la périphérie, il se produit, par le fait même de la pression dans les aubes, un reflux de la vapeur en sens inverse du mouvement, amenant forcément des frottements et tourbillonnements considérables qui absorbent une partie de l'énergie.

Ce phénomène oblige, dans les turbines à réaction, à une distribution sur toute la périphérie ; aussi, les premières roues du côté de la haute pression sont-elles de faible diamètre, car, pour ces fortes densités de vapeur, si l'on employait de grandes roues, la section totale du distributeur conduirait à des ailes d'une hauteur trop faible, ne dépassant pas 1 ou 2 mm.

Le rendement hydraulique des roues de faible diamètre étant forcément moindre que celui des roues plus grandes, il est donc nécessaire d'augmenter notablement, dans les turbines à réaction, le nombre de roues qui se trouve ainsi plus du double de celui des turbines d'action.

Il n'est donc pas superflu de faire remarquer que le mode de fonctionnement par action, lorsqu'il est employé dans une turbine multicellulaire, présente des avantages très sérieux, soit au point de vue de la construction, soit au point de vue de la simplification de la machine, sur le mode de fonctionnement par réaction.

REMARQUES SUR LA CLASSIFICATION DES TURBINES A VAPEUR.

La conclusion, que la classification générale des turbines à vapeur fait clairement ressortir et que l'étude du rendement vient encore appuyer, est que tous les systèmes imaginés et essayés aboutiront à deux formes : la turbine à réaction à tambour et couronnes multiples de Parsons et la turbine d'action multicellulaire de Rateau.

On pourrait, en combinant deux ou plusieurs des genres de chaque catégorie, former des systèmes nouveaux, participant aux propriétés des divers types choisis : c'est ainsi que l'on pourrait, par exemple, combiner une turbine d'action à tambour ou bien une turbine multicellulaire à réaction.

On pourrait encore, en prenant, d'une part, des roues du genre Pelton avec distributeurs par tuyères, comme celles employées d'abord par Rateau, et, plus tard, par Stumpf; d'autre part, des roues hélicoïdes comme celles de Rateau seconde manière, constituer une turbine d'action multicellulaire d'un genre spécial.

Mais tous ces systèmes, plus ou moins hybrides, réunissent les inconvénients des divers prototypes qui leur ont servi de modèles sans en avoir tous les avantages.

La turbine d'action à tambour, avec couronnes d'aubes mobiles, comparée à la turbine à tambour par réaction, si elle permet, comme toutes les turbines d'action, l'injection partielle et la conservation d'un jeu plus considérable entre les aubes et l'enveloppe, oblige, par contre, à un jeu encore plus faible entre le tambour et la périphérie interne du distributeur, pour éviter les fuites internes de vapeur.

Ces fuites sont plus fortes que dans la turbine Parsons, puisque la détente est complète dans chaque distributeur, et la différence de pression maxima entre les deux faces.

Dans la turbine multicellulaire Rateau, le jeu en question est reporté à la périphérie de l'arbre et l'importance de la fuite réduite à proportion.

La turbine d'action à tambour, participe, il est vrai, à la propriété des turbines d'action d'éviter toute poussée axiale sur les couronnes d'aubes mobiles, mais elle conserve la poussée sur le tambour lui-même, dont les faces sont soumises à la différence totale des pressions d'amont et d'aval.

On voit donc que ce type, bien que basé sur le principe d'ac-

tion, ne bénéficie pas de tous ses avantages et conserve plusieurs inconvénients du principe à réaction.

La turbine multicellulaire mixte, avec roues Pelton et roues hélicoïdes, a l'inconvénient d'un médiocre rendement pour les roues du premier genre, sous peine de multiplier leur nombre et de rendre la construction coûteuse, ou d'augmenter trop leur diamètre.

La vitesse restante de la vapeur au sortir des roues Pelton se trouve totalement inutilisée, ce qui contribue encore à baisser le rendement. Aussi est-il aisé de prévoir que ce système mixte, par la suppression des roues Pelton, aboutira fatalement à la turbine multicellulaire Rateau, comme le précédent se rapprochera de la turbine Parsons.

L'évolution qui se produit sous nos yeux nous paraît donc forcée, et elle aboutira, par la logique même des principes de la physique et de la mécanique, aux deux formes principales des turbines à vapeur, celle de Parsons et celle de Rateau, dont les autres ne seront que des variantes.

Rendement des turbines à vapeur.

Définition du rendement.

Le rendement d'une machine à vapeur est une des notions les plus répandues parmi les Ingénieurs et qui semble, au premier abord, l'une des plus précises.

En réalité, il n'en est rien; et, malgré les travaux de nombreux physiciens et expérimentateurs, rien n'est moins défini que le rendement d'un moteur à vapeur, pris au hasard, chez un constructeur quelconque.

Pour beaucoup de personnes encore, le rendement s'évalue d'après le poids du charbon consommé par une machine donnée en le rapportant au travail effectué, dont la définition est souvent des plus vagues.

Ce mode d'évaluation, qui englobe le rendement de la chaudière et celui des appareils auxiliaires, peut être encore vicié par la manière de compter le charbon, avec ou sans défalcation des cendres, des escarbilles, de l'humidité qu'il peut contenir, et sans tenir compte, le plus souvent, de sa composition toujours variable.

Quant au travail effectué par le moteur, on l'a compté, pendant bien longtemps, d'après les dimensions des cylindres que l'on supposait capables d'une puissance donnée à une vitesse déterminée.

Plus tard, on s'est rendu compte qu'il fallait serrer la question de plus près et mesurer le poids de vapeur réellement consommé par le moteur au lieu du charbon brûlé dans la chaudière.

Lorsqu'il s'agit de machines de grandes puissances, la mesure du poids de vapeur est une opération plus délicate qu'il ne semble au premier abord.

Quant à la mesure de la puissance utile ou du travail effectué sur l'arbre, elle est toujours fort difficile, dès que les machines dépassent 40 ou 50 ch, à moins que le moteur ne commande directement une génératrice d'électricité.

Le seul procédé d'un usage général, celui des diagrammes relevés à l'indicateur, ne permet pas, dans la plupart des cas, l'évaluation du rendement avec quelque précision.

Le diagramme donne bien le travail interne ou indiqué; mais comme le rapport entre le travail effectif réellement disponible sur l'arbre et le travail indiqué reste toujours inconnu, si l'on ne peut mesurer directement le travail effectif, le renseignement fourni par l'indicateur est forcément sujet à caution.

Quant au rapport entre le travail effectif et le travail indiqué, il varie, suivant les auteurs, de 75 à 93 0/0. On admet généralement que, dans une bonne machine à pistons, ce rapport est voisin de 90 0/0, mais personne ne peut en donner une démonstration rigoureuse qui nécessiterait l'intervention d'une dynamo jouant le rôle de dynamomètre.

Ce n'est que récemment que les procédés employés en électrotechnique ont permis de connaître avec précision le travail fourni sur l'arbre d'une génératrice d'électricité par son moteur à vapeur.

Cette méthode de mesure est plus exacte que tout ce qui peut être tenté par d'autres voies, la mesure au frein étant impossible, lorsque la puissance des machines et leur vitesse dépassent certaines limites.

Une fois connues la puissance effective d'une machine à vapeur et sa consommation de vapeur, il faut définir exactement ce que l'on entend par son rendement.

Nous appelons rendement d'une turbine à vapeur le rendement thermique représenté par le rapport entre l'énergie effective fournie sur l'arbre et l'énergie totale disponible renfermée dans le poids de vapeur consommée pendant l'unité de temps, la chute de pression qui rend disponible cette énergie étant précisément égale à la différence des pressions à l'arrivée de vapeur et à l'échappement de la machine.

Pour calculer le rendement d'une machine donnée, dont on vient de mesurer la puissance effective et la consommation de vapeur, il faut donc connaître exactement l'énergie totale disponible dans les conditions mêmes de son emploi.

Calcul de la puissance totale disponible renfermée dans la vapeur.

Le calcul de la puissance totale disponible, renfermée dans un kilogramme de vapeur se détendant de la pression P d'amont à la pression *p* d'aval, est donné par les lois de la thermo-dynamique et les expériences de Regnault.

On peut faire ce calcul, soit à l'aide de formules, soit à l'aide du diagramme entropique, dont l'usage se répand de plus en plus.

Pendant nos études sur les turbines à vapeur, nous eûmes l'idée, dans le courant de l'année 1896, de dresser un tableau, donnant, pour une chute de pression quelconque, l'énergie disponible dans le kilogramme de vapeur.

Ce tableau calculé, nous le fîmes parvenir à M. Rateau, qui eut l'ingénieuse idée de le traduire sous forme d'un abaque à base logarithmique, en réunissant, par une ligne, les points correspondant à une égale consommation de vapeur.

Cet abaque est représenté figure 14 : les abscisses sont les pressions absolues d'aval, et les ordonnées les pressions absolues d'amont de la vapeur.

En dressant cet abaque, M. Rateau s'aperçut immédiatement que les lignes d'égale consommation n'étaient pas des courbes, comme c'est le cas général des fluides élastiques, mais des droites. La coïncidence était si parfaite qu'il put en déduire immédiatement une loi empirique pour le calcul de la consommation théorique par cheval et par heure de 1 kg de vapeur évo-

luant entre deux pressions déterminées. Cette loi empirique s'accorde avec les résultats tirés des tables de Regnault de la manière la plus remarquable; les différences sont de l'ordre du millième (1).

Connaissant, au moyen de l'abaque de M. Rateau, la consommation théorique K représentée par le cheval-heure effectif dans des conditions déterminées, il est facile d'en déduire la vitesse

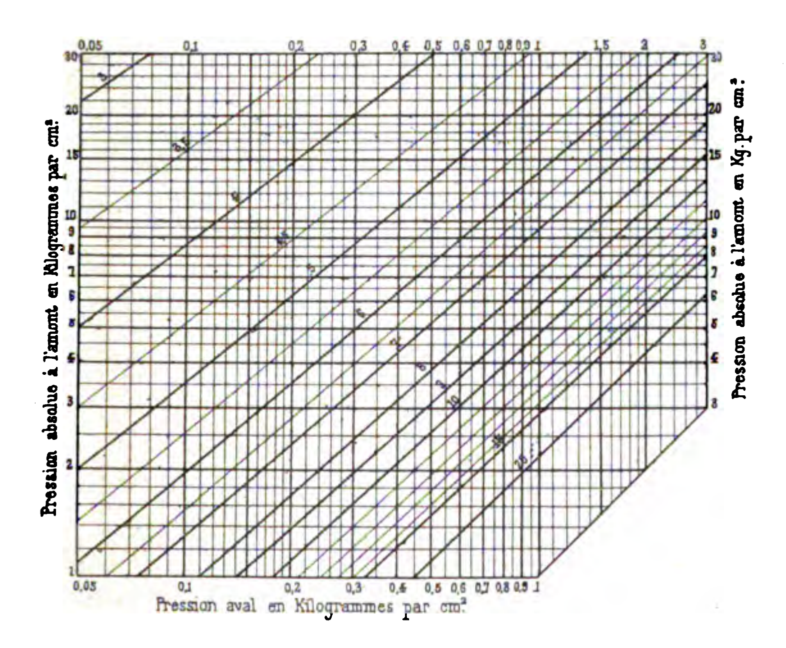


Fig. 14. — Abaque des consommations théoriques d'une machine à vapeur.

d'écoulement de la vapeur saturée entre les mêmes pressions d'amont et d'aval. La formule simplifiée à laquelle on arrive est la suivante :

$$V_0 = 100\sqrt{\frac{530}{K}},$$

qui fait connaître en mètres par seconde la vitesse d'écoulement de la vapeur entre les pressions P et p, K étant la consommation théorique correspondante.

(1) *Abaque des consommations théoriques d'une machine à vapeur et nouvelles lois relatives à la vapeur d'eau*, par M. Rateau. Extrait des *Annales des Mines*, livraison de février 1897.

Il est à peine besoin d'ajouter que les valeurs de la consommation théorique fournies par l'abaque sont entièrement d'accord avec celles que l'on peut déduire du diagramme entropique.

Dans le cas de la vapeur surchauffée, on peut compléter l'abaque de M. Rateau par le calcul, en s'aidant du diagramme thermique, la surchauffe augmentant l'aire utilisée du diagramme entre deux pressions données d'une aire supplémentaire qu'il est facile d'évaluer. M. Lelong, Ingénieur de la Marine, a d'ailleurs indiqué un ingénieux abaque qui permet de suppléer au calcul.

L'abaque de M. Rateau, complété lorsqu'il s'agit de vapeur surchauffée, permet d'évaluer le rendement de toutes machines à vapeur dont les pressions d'amont et d'aval sont parfaitement déterminées et dont on connaît la consommation par cheval effectif. On arrive ainsi à une notion précise du rendement qui fournit un classement vraiment rationnel d'une machine à vapeur quels que soient sa nature et son mode de construction. Le rendement ne doit plus être, en effet, subordonné à la consommation de vapeur.

Rendement et consommation de vapeur.

Le rendement net et la consommation de vapeur sont deux notions bien distinctes que l'on confond le plus souvent : lorsqu'on donne la consommation d'une machine pour la comparer à celle d'une autre, on n'indique pas toujours les pressions d'amont et d'aval entre lesquelles évolue la vapeur. Il peut fort bien se faire que la consommation qui paraît la plus avantageuse corresponde, en réalité, à un rendement moins bon.

Le tableau suivant donne un exemple de deux turbines à vapeur dont l'une indique une faible consommation, mais avec de la vapeur prise à forte pression et détendue jusqu'à une faible pression d'aval ; l'autre machine, au contraire, a une mauvaise consommation, mais la vapeur est admise à une pression notablement moindre et son degré de vide est médiocre.

On voit, d'après ce tableau, que, bien que la consommation de vapeur de la turbine A soit 24 0/0 plus faible que celle de la turbine B, le rendement de cette dernière est 21 0/0 plus fort

Tableau comparatif de la consommation de vapeur et du rendement de deux turbines placées dans des conditions différentes.

	TURBINE A	TURBINE B
Pression d'amont P = ... kg absolus	15	10
Pression d'aval p = ... kg	0,054 72 cm de mercure	0,218 60 cm de mercure
Surchauffe . . . . degrés	100	nulle
Température de la vapeur. . . . . . . degrés	297	179
Consommation par cheval-heure effectif . kg	5,5	6,85
Consommation par cheval-heure théorique kg	2,93	4,45
Rendement thermique	$0,534 = \frac{2,93}{5,5}$	$0,650 = \frac{4,45}{6,85}$
Rapport de $\frac{B}{A}$	Consommat. 1,243 soit 24,5 0/0 en excès	Rendement 1,215 soit 21,5 0/0 plus fort

Turbine B, dans les conditions de la turbine A.

Consommation par cheval-heure effectif $\frac{2,93}{0,65}$ = 4,5 kg, soit 18 0/0 de diminution.

Il en résulte que, si la turbine B était placée dans les conditions de la turbine A, sa consommation serait 18 0/0 plus faible.

Rendement hydraulique d'une roue de turbine d'action

Le terme le plus important qui intervient dans le rendement total d'une turbine d'action est ce que nous appelons le rendement hydraulique. Ce rendement se calcule d'après l'épure des vitesses à l'entrée et à la sortie de l'aubage mobile. Cette méthode a été indiquée par M. Rateau pour le calcul des turbines hydrauliques.

Il en est fait l'application, pour la première fois, aux turbines à vapeur, dans un mémoire sur la théorie élémentaire des turbines à vapeur, déposé à l'Académie des Sciences en 1901.

Le calcul du rendement hydraulique dépend essentiellement du coefficient de ralentissement de la vitesse relative du fluide dans l'aubage mobile; une fois ce coefficient connu ainsi que la vitesse absolue à l'entrée et les angles des aubages fixes et mobiles, le rendement hydraulique s'en déduit immédiatement.

On peut le calculer par un graphique indiqué par M. Rateau, qu'il est facile de traduire en formule.

On voit immédiatement que le rendement hydraulique, pour des angles de construction déterminés des aubages fixes et mobiles, et pour un coefficient de ralentissement connu, s'exprime en fonction du rapport de la vitesse périphérique de l'aubage à la vitesse absolue de la vapeur à l'entrée; cette vitesse elle-même étant donnée, le rendement est donc connu en fonction de la vitesse périphérique de la roue.

La théorie et l'expérience montrent que le rendement hydraulique s'élève rapidement avec la vitesse périphérique et finit par passer par un maximum au delà duquel il redescend graduellement.

En général, il n'est pas possible d'atteindre, avec les turbines à roues multiples, la vitesse correspondant au rendement hydraulique maximum, mais on peut s'en approcher d'assez près pour réaliser des rendements hydrauliques pouvant atteindre et même dépasser 70 0/0.

Fuites de vapeur dans les turbines a roues multiples

Les fuites de vapeur n'existent pas dans les turbines d'impulsion à une roue, puisque la vapeur n'agit que dans un seul compartiment.

Dans les turbines d'action multicellulaires, les fuites ne sont à craindre qu'entre les deux faces d'un distributeur, la vapeur qui tend à s'échapper d'une face à l'autre perd ainsi sa pression de détente sans aucune utilisation.

Nous avons vu plus haut comment, dans la turbine Rateau, cet inconvénient est à peu près complètement corrigé.

Dans les turbines à réaction à roues multiples, la fuite au distributeur est moindre, mais la fuite autour de l'aubage mobile est considérable; la vapeur a toujours une tendance à passer d'une face à l'autre, puisque les deux pressions sont différentes. La tendance à cette fuite est à peu près la même d'un bout à l'autre de la turbine, tandis que, dans le système multicellulaire d'action, la fuite autour de l'arbre n'a une valeur sensible que pour les premières roues, où la différence de pression entre les deux faces du distributeur est plus considérable.

C'est là encore une raison qui oblige à augmenter le nombre des roues dans les turbines à réaction.

Frottements de la vapeur

Le rendement hydraulique n'est jamais égal à l'unité, comme nous l'avons dit; il tend vers un maximum qu'il ne peut pas atteindre en pratique.

La différence entre la valeur du rendement hydraulique et l'unité constitue la perte d'énergie la plus importante dans la turbine à vapeur. Cette perte d'énergie provient, d'une part, de l'utilisation incomplète de la vitesse de la vapeur, et, d'autre part, des frottements et tourbillonnements de la veine dans son passage à travers l'aubage mobile.

Une seconde perte, dont l'importance n'est pas négligeable, est causée par les frottements de la roue et de l'aubage sur la vapeur, lorsqu'il s'agit d'une turbine à une ou plusieurs roues. Ces frottements sont également importants dans les turbines à tambour où les couronnes mobiles et la surface cylindrique du tambour frottent à leur tour sur la vapeur.

Lorsqu'il s'agit d'une roue mobile, le travail perdu par frottements est proportionnel à la densité du fluide, au cube de la vitesse angulaire et à la puissance cinquième du diamètre. Comme la densité de la vapeur saturée est sensiblement proportionnelle à la pression absolue, on voit que, à diamètre égal, les frottements sont considérables pour les premières roues qui reçoivent la vapeur à haute pression, et presque négligeables pour les turbines qui tournent dans un milieu à une pression voisine de celle du condenseur.

Ainsi, une roue de turbine, recevant de la vapeur à la pression de 10 kg absolus, donne lieu à une perte de travail par frottements cent fois plus forte que la même roue tournant à la pression du condenseur, avec 68 cm de vide.

Il faut donc que la première roue d'une turbine ait forcément un diamètre moindre que la dernière, les divers diamètres étant calculés de façon à égaliser sensiblement les pertes par frottements.

L'analyse du frottement des roues donne une raison de l'excellent rendement des turbines à basse pression utilisant les vapeurs d'échappement à la pression atmosphérique, suivant l'ingénieux système imaginé par M. Rateau.

Tandis que, dans les machines à piston, ce sont les cylindres à basse pression qui ont le plus mauvais rendement, soit par

l'augmentation des frottements, soit par les pertes thermiques, dans la turbine à vapeur, au contraire, les roues à basse pression présentent le rendement maximum.

On a plusieurs fois objecté au système multicellulaire l'importance des frottements des roues. Les expériences que nous avons faites pour déterminer la loi des frottements, et les résultats d'essais obtenus avec des machines calculées d'après les coefficients fournis par la pratique, ont justifié ce qu'indiquait la théorie, qu'il était possible de construire des turbines de cette nature où les frottements ne représentaient que 2 à 4 0/0 du travail total. Ces chiffres sont comparables à ceux que l'on obtient avec les turbines à tambour où il est nécessaire de tenir compte, pour les frottements, non seulement des aubages mobiles, mais aussi de la surface cylindrique du tambour.

Pertes par tourbillonnements

Les pertes de travail par tourbillonnements peuvent devenir considérables si on ne prend pas de dispositions en vue de les limiter.

Dans les turbines à réaction, comme nous l'avons signalé plus haut, le fluide qui se détend graduellement dans l'aubage mobile a naturellement une tendance à revenir en arrière à l'orifice d'entrée de l'aubage. Pour éviter cet effet, il est nécessaire que l'aubage soit constamment rempli d'une veine gazeuse lancée dans la même direction. Or, on ne peut obtenir ce résultat qu'en alimentant l'aubage mobile d'une manière continue. La turbine à réaction exige donc, comme nous l'avons dit plus haut, l'injection totale sur toute la périphérie.

L'expérience a montré que si l'on appliquait à une turbine à réaction l'injection partielle, le rendement baissait d'une manière considérable. L'injection partielle n'est donc possible que dans les turbines d'action.

Dans les turbines d'action à une roue, où la chute totale doit être utilisée par un seul distributeur, la forme de la tuyère est nécessairement convergente-divergente; malheureusement, la partie divergente est toujours un organe d'un mauvais rendement. Des phénomènes de décollement de la veine amènent des pertes de rendement que nous avons souvent mesurées et qui atteignent, dans les meilleures conditions, 10 à 12 0/0 de l'énergie totale renfermée dans la vapeur. C'est là une infériorité

grave des turbines à une roue, quelle que soit leur construction, à moins que l'on accepte de ne les employer que pour des chutes de pression minimes, la pression absolue d'amont ne dépassant pas le double de la pression absolue d'aval.

Une autre cause des tourbillonnements existe dans le trajet de la vapeur au sortir de l'aubage mobile.

Si la turbine est disposée de manière que la vapeur s'échappe de l'aubage pour rencontrer l'ouverture du distributeur suivant, on arrive ainsi à utiliser la plus grande partie de la vitesse restante. Cette énergie n'est pas une fraction importante de l'énergie totale, mais elle atteint 5 à 6 0/0 dans les turbines multicellulaires.

Au contraire, si la veine gazeuse au sortir de l'aubage mobile rencontre une paroi fixe, la vitesse restante est alors entièrement perdue, l'énergie se consommant en chocs et tourbillonnements.

Dans les turbines multicellulaires à pressions étagées, il est donc indispensable de disposer les distributeurs successivement de manière à utiliser la vitesse restante.

Calcul du rendement.

Pour une roue donnée et une chute de vapeur donnée, c'est-à-dire une vitesse d'écoulement déterminée à l'avance, le rendement hydraulique varie avec la vitesse périphérique. Il est donc possible de tracer une courbe du rendement hydraulique en fonction de la vitesse périphérique, qui permet d'examiner, dans chaque cas, la valeur qu'il sera possible d'atteindre en pratique.

Une fois le rendement hydraulique fixé, il faut en déduire les pertes par les fuites ainsi que les pertes par frottements et tourbillonnements.

Prenons, comme exemple, une turbine multicellulaire Rateau fournissant une puissance de 1 500 chevaux effectifs sur l'arbre à la vitesse de 1 500 tours par minute.

A l'aide des coefficients pratiques que l'expérience a fait connaître, il est facile de calculer le rendement hydraulique d'une telle machine, qui est égal à 0,69 ; les pertes par les fuites et les frottements des paliers absorbent 1 1/2 0/0 de la puissance. Les pertes dues aux frottements des roues sont de 2 1/2 0/0, soit, au total, 4 0/0.

Le rendement net sur l'arbre, à la vitesse indiquée, sera donc de $0{,}69 \times 0{,}96 = 0{,}662$.

Le tableau suivant fait connaître les éléments comparatifs du rendement de la même machine à 1 500 tours par minute et 2 000 tours par minute.

Calculs du rendement d'une turbine multicellullaire Rateau de 1 500 chevaux.

	A 1 500 tours par minute.		A 2 000 tours par minute.	
Rendement hydraulique	0,69		0,76	
Pertes par les fuites de vapeur et les frottements des paliers. . .	1, 5 0/0	4 0/0	1, 8 0/0	7,7 0/0
Pertes par les frottements des roues.	2,50 0/0		5, 9 0/0	
Rendement net sur l'arbre . . .	0,69 × 0,96 = 0,662		0,76 × 0,923 = 0,702	
Pression de vapeur : 14 kilogrammes effectifs.				
Contre-pression à l'aval : 6 cm de mercure = 0,0815 kg absolus.				
Surchauffe : 100 degrés.				
Consommation par cheval-heure théorique : 3,10 kg.				
Consommation par cheval-heure effectif	$\frac{3,10}{0,662} = 4,68$ kg		$\frac{3,10}{0,702} = 4,42$ kg	

On voit combien le rendement s'élève avec la vitesse.

Nous indiquons, sur ce tableau, le calcul de la consommation de vapeur par cheval effectif et par heure, aux deux vitesses indiquées.

Cette consommation, la vapeur étant surchauffée de 100 degrés, est de 4,68 kg à la vitesse de 1 500 tours, ce qui correspondrait à 4,10 kg environ par cheval indiqué.

A 2 000 tours, la consommation par cheval indiqué, dans les mêmes conditions, tomberait au-dessous de 3,9 kg.

On voit donc que les résultats pratiques, que l'on peut obtenir avec une turbine multicellulaire de 1 500 chevaux, sont comparables à ceux que donnent les meilleures machines à piston actuelles.

Le calcul du rendement que nous venons de faire comporte, bien entendu, la connaissance des coefficients pratiques que l'expérience seule peut faire connaître. Mais, à l'inverse des machines à piston où l'action des parois rend les raisonnements incertains et souvent erronés, la continuité du flux de vapeur, dans les turbines à vapeur, permet d'établir une théorie d'une grande

exactitude, applicable à tous les cas de la pratique, une fois les coefficients fondamentaux déterminés.

Rendements obtenus avec divers systèmes de turbines à roues multiples.

L'analyse que nous venons de faire des divers éléments qui influent sur le rendement, permet de calculer les rendements que l'on peut obtenir avec les divers systèmes de turbines.

Pour illustrer, par un exemple comparatif, les considérations qui précèdent, nous les appliquerons aux deux principaux systèmes de turbines d'action, à roues multiples : la turbine à chutes de pression et la turbine à chutes de vitesse.

La turbine multicellulaire Rateau est essentiellement une turbine à pressions étagées ou chutes de pression; la vitesse de circulation de la vapeur est constante dans les différentes cellules, et, comme le rendement diffère peu d'une roue à l'autre, le travail par roue reste le même d'une extrémité à l'autre de la machine.

La turbine à groupes de roues Curtis est, au contraire, comme la turbine Terry, une turbine à chutes de vitesses. La pression est constante dans chaque groupe de roues, mais la vitesse de circulation de la vapeur va rapidement en décroissant d'une roue à l'autre.

Si l'on appliquait, d'ailleurs, le principe des vitesses étagées dans toute sa rigueur, tel qu'il a été indiqué par M. Mortier, une telle turbine ne comporterait qu'un seul groupe de roues pour épuiser la vitesse totale de la vapeur.

Comme nous l'avons dit plus haut, la turbine Curtis comportait, tout d'abord, 3 roues dans chaque groupe; à l'heure actuelle, on a réduit ce nombre à 2. C'est en partant de cette dernière forme que nous ferons la comparaison avec la turbine multicellulaire.

Tout d'abord, nous comparerons des roues purement théoriques, constituées par un disque muni d'ailettes recourbées en demi-arc de cercle, recevant et laissant échapper la vapeur dans des directions perpendiculaires à l'axe et à 180 degrés l'une de l'autre. La turbine à vitesses étagées comprendra un groupe de deux roues semblables, et la turbine multicellulaire, une seule roue.

Dans les deux cas, la vitesse d'écoulement de la vapeur, qu'il s'agit d'utiliser, sera la même, et, pour simplifier le calcul, nous la prendrons égale à l'unité. Le rapport de la vitesse périphé-

rique à la vitesse absolue de la vapeur étant désignée par la lettre ξ, cette valeur sera donc celle de la vitesse périphérique.

La vapeur arrive sur la roue avec la vitesse unité, elle pénètre dans le premier aubage animé d'une vitesse relative W_0, qui se ralentit peu à peu de l'entrée à la sortie du canal des ailes, le coefficient de réduction étant inférieur à l'unité. La vitesse relative à la sortie est donc $W_1 = \lambda W_0$.

D'après ces données, il est facile, à l'aide de la théorie de M. Rateau citée plus haut et que l'expérience a sanctionnée, de calculer la poussée totale sur la roue d'après le théorème des quantités de mouvement; le travail accompli par la vapeur s'en déduit immédiatement ainsi que la valeur du rendement, par le rapport du travail obtenu à l'énergie disponible dans le courant de vapeur à l'entrée de la première roue.

La vitesse relative à la sortie de la première roue permet de calculer la vitesse absolue de sortie. Cette vitesse absolue se trouve réduite, pendant son passage à travers le deuxième distributeur. On obtient ainsi la valeur de la vitesse à l'entrée dans la deuxième roue.

La même méthode fait ensuite connaître la poussée, le travail et le rendement de la deuxième roue.

On en déduit le rendement total des deux roues.

De ces valeurs, il est facile de calculer le rendement maximum en faisant varier la vitesse périphérique ou son rapport à la vitesse absolue de la vapeur. Le résultat de ce calcul est résumé dans le tableau suivant, pour trois valeurs du coefficient de réduction de vitesse dans l'aubage : 0,70, 0,75, 0,80.

Vitesse absolue de la vapeur $V_0 = 1$

Rapport de la vitesse périphérique U de la roue à la vitesse de la vapeur $\xi = \frac{U}{V_0}$

	TURBINE D'ACTION à groupes DE DEUX ROUES			TURBINE MULTICELLULAIRE		
Coefficient de réduction de la vitesse relative dans les aubages λ	0,70	0,75	0,80	0,70	0,75	0,80
Valeur de ξ correspondant au maximum de travail . . .	0,233	0,235	0,239	0,50	0,50	0,50
Valeur maxima du rendement hydraulique	0,590	0,642	0,700	0,850	0,875	0,900

On voit que le rendement maximum que peut fournir un groupe de deux roues, à vitesses étagées, est très inférieur à celui que donnerait une roue de turbine multicellulaire fonctionnant également dans les conditions du maximum.

On peut présenter cette infériorité d'une manière encore plus frappante.

Supposons, en effet, que l'on transforme le groupe de deux roues, à vitesses étagées, en deux roues à pressions étagées, en les séparant par un diaphragme.

Si l'on part des chiffres admis dans la pratique, le rapport de la vitesse périphérique à la vitesse absolue de la vapeur est de 20 0/0. Pour la même vitesse absolue d'entrée, la chute de pression étant partagée de façon à recueillir des travaux égaux sur les deux roues, on constate que le rapport précédent, dans le second système, s'élève à plus de 28 0/0.

Il est facile de calculer, d'après cela, que le rendement hydraulique du groupe à vitesses étagées sera de 0,688, pour la valeur la plus favorable du coefficient $\lambda = 0,80$, tandis que le même groupe à pressions étagées aura un rendement de 0,767.

En prenant pour le coefficient de ralentissement λ la valeur 0,70, le rendement hydraulique sera de 0,580 pour le système à vitesses étagées, et de 0,704 pour le système à pressions étagées.

On voit donc que, même sans tenir compte de la faculté que donne le système à pressions étagées, d'augmenter beaucoup le nombre des roues, ce qui ferait monter le rapport des vitesses ξ, et, par suite, le rendement hydraulique, la simple introduction du principe multicellulaire permet d'augmenter considérablement le rendement d'une turbine à vitesses étagées.

Le raisonnement qui précède suppose que les aubes des turbines sont disposées en demi-circonférence. Dans la pratique, il ne peut en être ainsi, et, pour calculer le rendement hydraulique, il importe de tenir compte de l'inclinaison angulaire des ailes et du jet de vapeur.

Considérons donc deux turbines : l'une à vitesses étagées et groupes de deux roues, et l'autre, du système multicellulaire. La première, avec un rapport de la vitesse périphérique à la vitesse de la vapeur de 20 0/0, ce qui est le cas pratique, et la seconde, un rapport de 35 0/0, ce qui est le cas, en effet, dans les turbines Rateau.

Supposons que les ailes aient la même inclinaison dans les deux turbines, soit 30 degrés sur le plan de la roue, et que l'angle

du jet de vapeur soit de 20 degrés au sortir du distributeur.

En prenant pour unité le travail total renfermé dans la vapeur, on trouve que, pour une valeur du coefficient de 0,70, le travail utile dans la première roue est de 0,494 et le travail utile, dans la deuxième roue, de 6 0/0, soit, au total, 0,554 pour les deux roues. Dans la turbine Rateau, au contraire, le travail utile dans la première roue est de 0,700, et celui dû à la vitesse restante de 6 0/0, au total. 0,760.

La turbine Rateau donne, dans ces conditions, un supplément de 37 0/0 de travail.

Si l'on suppose, au contraire, que le coefficient λ soit plus favorable et atteigne 0,80, valeur qui n'a pas été obtenue jusqu'ici dans la pratique, on trouve que le travail utilisé dans les deux roues à vitesses étagées est de 0,646 et, dans les roues à pressions étagées, de 0,783, soit un supplément encore de 21 0/0.

Cette dernière discussion, comme les précédentes, ne laisse aucun doute sur ce fait primordial, que le rendement hydraulique d'une turbine à chutes de pression, multicellulaire, est toujours supérieur à celui d'une turbine à chutes de vitesse.

Rendements comparatifs en fonction de la charge.

Sur la figure 15 nous avons réuni les courbes comparatives des rendements totaux en fonction de la charge et à vitesse constante d'un certain nombre de groupes générateurs d'électricité avec turbines à vapeur de différents systèmes.

Ces courbes ont été tracées en calculant les rendements d'après les résultats expérimentaux qui ont été publiés; nous nous sommes servis, pour cela, de l'abaque.

D'une manière générale, en examinant ces courbes, on reconnaît que le rendement total monte en fonction de la charge, jusqu'à atteindre un certain maximum; au delà de ce point, il redescend.

Nous n'avons pu indiquer, comme turbines Rateau, que deux groupes : l'un de 220 kilowatts à basse pression, et l'autre de 400 kilowatts à pression normale.

Les autres courbes se rapportent à diverses turbines Parsons, construites, soit par l'inventeur, soit par les maisons Brown-Boverie et Westinghouse.

On voit que les rendements des groupes Rateau sont générale-

ment supérieurs, à puissance égale, à ceux des autres machines; et, qu'aux faibles charges, la courbe se maintient dans les régions élevées.

Il va sans dire que ces courbes ne donnent pas exactement l'idée du rendement réel de la turbine à vapeur seule, car elles tiennent compte, bien entendu, du rendement de la génératrice d'électricité.

Toutefois, au point de vue du praticien, ce qui lui importe,

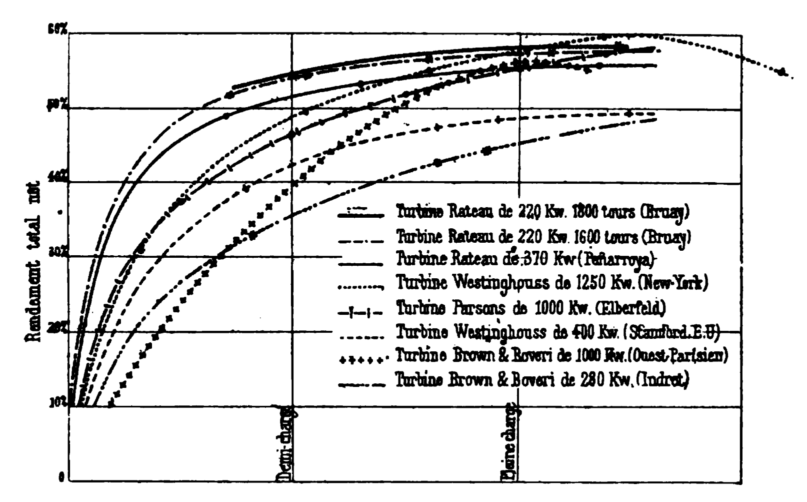


Fig. 15. — Comparaison des rendements totaux de groupes électrogènes avec turbines en fonction de la charge.

c'est bien le rendement net total du groupe turbine et dynamo ou alternateur.

Une autre remarque, qui résulte de ces courbes, est que les turbines à vapeur ont généralement un rendement assez satisfaisant aux faibles charges.

Lorsqu'on étrangle la vapeur et que sa pression baisse, le rendement hydraulique d'une partie des roues de la turbine augmente, et, par suite, on récupère une proportion de travail plus importante, bien que l'énergie disponible dans la vapeur ait diminué.

D'autre part, les frottements sur la vapeur diminuent, comme la densité moyenne du fluide.

Ces phénomènes n'ont pas lieu dans les machines à piston, et, par suite, leurs rendements, à faible charge, sont inférieurs à ceux des turbines à vapeur.

La figure 16 donne des courbes comparatives du rendement maxima à pleine charge pour divers systèmes de turbines, les abscisses représentent les valeurs de la pleine charge jusqu'à

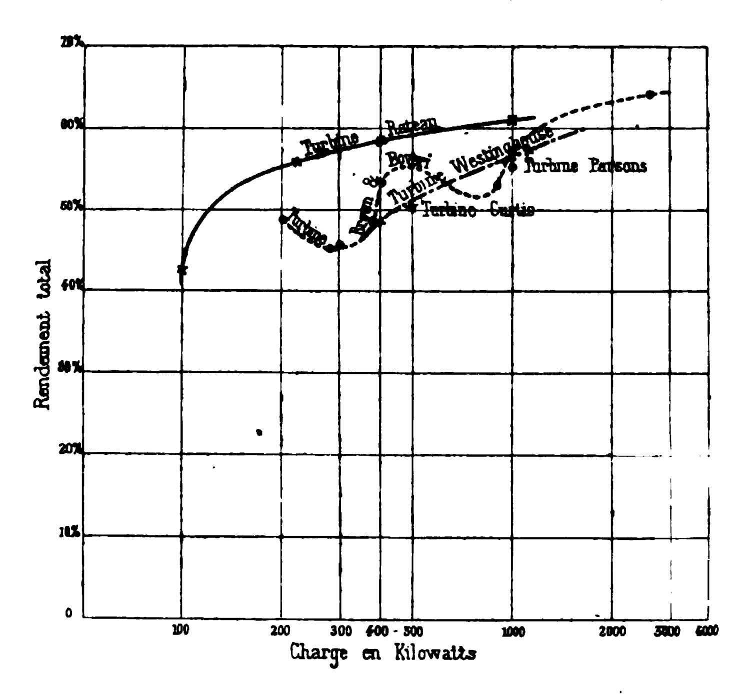


Fig. 16. — Rendements maxima de groupes électrogènes avec différents systèmes de turbines à vapeur.

4000 kilowatts, les ordonnées, le rendement total à pleine charge.

Les allures de ces courbes sont assez différentes pour les divers systèmes. Il ne faudrait pas vouloir tirer des conséquences trop précises de ce travail, que nous avons établi sur les données publiées pour diverses machines, mais qui mériterait d'être complété, lorsque les renseignements fournis par les constructeurs seront plus nombreux.

APPLICATIONS DE LA TURBINE RATEAU

I. — Groupes générateurs d'électricité.

L'application la plus importante des turbines Rateau, réalisée jusqu'ici, a été la commande des génératrices d'électricité, soit à courant continu, soit à courant triphasé.

Courant continu.

Les dynamos à courant continu, commandées directement par des turbines à vapeur, présentent des difficultés de construction toutes spéciales. Une grande vitesse angulaire oblige à les établir avec un petit nombre de pôles; il en résulte que la réaction d'induit est considérable, et qu'il est nécessaire d'employer des systèmes spéciaux de compensation, pour éviter les effets désastreux d'une mauvaise commutation aux balais.

Avec la turbine Parsons, la maison Brown a employé principalement un système de compensation formé d'un enroulement supplémentaire placé dans les pièces polaires et alimenté en série.

Les ateliers Sautter, Harlé et Cie ont eu recours à un système de pôles inducteurs complémentaires, alimentés en série, et permettant de créer un champ magnétique dans le plan où s'opère la commutation.

Cette première difficulté vaincue, les dynamos en présentent une autre, qui est la construction des collecteurs. Cette partie délicate de la machine doit être établie avec un soin minutieux, car elle est composée de pièces hétérogènes de métal et d'isolants qu'il est très difficile de centrer et d'ajuster d'une manière rigoureuse pour éviter les effets dus à la force centrifuge.

La force centrifuge est, en effet, considérable dans les génératrices commandées par turbines à vapeur; elle atteint et dépasse souvent, à la périphérie, 2000 fois le poids.

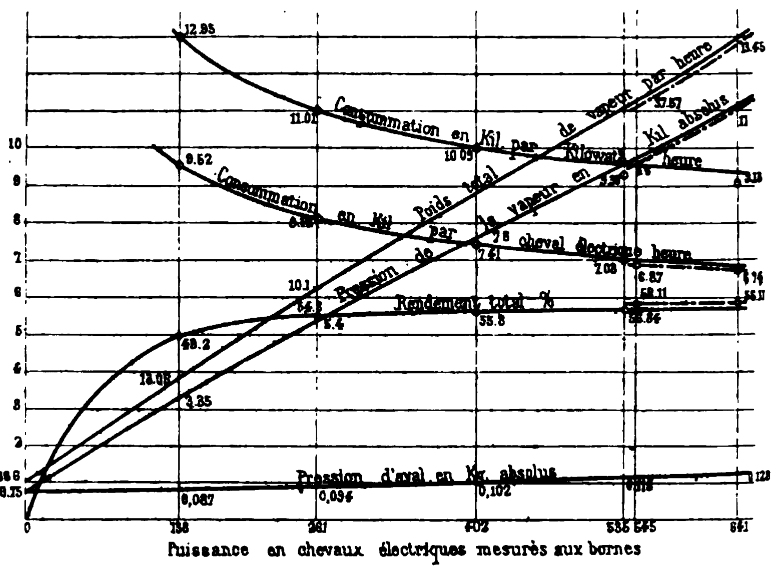
Aussi l'équilibrage de toutes les parties tournantes doit-il être étudié minutieusement. Des dispositifs spéciaux pour l'équilibrage statique et pour l'équilibrage dynamique ont été prévus.

Avec les dynamos à courant continu, les vibrations peuvent

rendre le fonctionnement tout à fait impossible, par suite des étincelles qu'elles produisent aux balais s'ils viennent à quitter momentanément la surface du collecteur.

La vitesse périphérique des collecteurs étant considérable, l'effet des étincelles est beaucoup plus nuisible que dans les dynamos ordinaires, et il devient indispensable d'éviter à peu près complètement le feu aux balais.

D'une manière générale, les balais sont métalliques; mais, dans certains cas spéciaux, notamment avec les turbines alimentées par des turbines à basse pression où la vitesse angulaire est



Nota : Les courbes en ——— correspondent à la marche avec de la vapeur surchauffée d'environ 10°

Fig. 17. — Turbine dynamo de 500 chevaux.
Courbes des pressions, consommations et rendements à la vitesse constante de 2400 tours, en fonction des puissances.

plus faible, il est devenu possible d'employer des balais en charbon.

Toutefois, aussi bien avec les balais en charbon qu'avec les balais métalliques, l'équilibrage parfait des parties mobiles est indispensable.

L'étude et la construction des nouvelles génératrices d'électricité, commandées par les turbines Rateau, ont été effectuées

sous la direction de M. Sacquet, Ingénieur des services électriques des ateliers Sautter, Harlé et Cie.

La figure 18 *(Pl. 67)* représente un groupe de 500 chevaux électriques à courant continu : la turbine à deux corps commande directement deux dynamos placées bout à bout et disposées pour la distribution à trois fils.

Plusieurs de ces machines ont été livrées pour les usines métallurgiques de la Société de Penarroya, en Espagne. La vitesse de rotation est de 2000 tours par minute.

Les courbes de consommation et de rendement sont réunies sur la figure 17, qui donne les résultats des essais; à la vitesse de 2400 tours par minute, on remarquera que le groupe a pu fournir jusqu'à 640 ch électriques, ce qui représente environ 700 ch effectifs sur l'arbre; le rendement total s'est élevé jusqu'à 58 0/0 avec de la vapeur légèrement surchauffée.

Ces courbes indiquent également la proportionnalité remarquable du poids total de vapeur consommée à la charge utile; ce poids de vapeur est sensiblement représenté par une droite en fonction de la charge.

A vide, lorsque la machine ne produit pas de travail extérieur et que les dynamos sont excitées, la consommation de vapeur représente 9 0/0 de la pleine charge, chiffre remarquablement bas qui montre que les frottements dans la turbine Rateau sont faibles.

Un groupe analogue, de 500 ch électriques, avec machine à piston, consomme, à vide, 20 à 22 0/0 du poids de vapeur en pleine charge.

Les essais de consommation, qui ont permis l'établissement des courbes précédentes, ont été faits sous le contrôle de M. Wissler, Ingénieur des études techniques des ateliers précités, sous la direction duquel on a dressé les plans d'exécution des divers modèles de turbines Rateau exécutés dans cet établissement.

Remarquons également sur ces courbes la proportionnalité de la pression absolue de la vapeur à l'entrée dans la turbine à la charge utile.

On peut dire que la turbine est un véritable compteur de vapeur et qu'il suffit, pour connaître la consommation à une charge donnée, de l'avoir mesurée pour deux autres charges, la courbe se réduisant sensiblement à une droite.

Le tableau suivant fait connaître les résultats comparatifs des

calculs d'établissement du groupe de 500 ch, calculs effectués par M. Rateau, et les résultats des essais en pleine charge. Il indique également quelle serait la consommation par cheval électrique de la même turbine, fonctionnant avec une tension de vapeur plus élevée et un vide plus parfait.

Turbo-dynamo du système Rateau, de 500 ch électriques.

	RÉSULTATS DU CALCUL d'établissement	RÉSULTATS DES ESSAIS	RÉSULTATS DANS LES CONDITIONS les plus favorables
Pression de la vapeur	10 kg absolus.	9,6 kg absolus.	15 kg absolus.
Pression à l'échappement	0,20 kg absolu (61,3) mercure.	0,115 kg (67,5) mercure.	0,0815 kg (70 cm vide) Surchauffe, 100°.
Vitesse par minute .	2 000 tours.	2000 tours.	2 400 tours.
Consommation de vapeur par cheval électrique et par heure	8 kg	7,10 kg.	5,38 kg Par kilowatt : 7,32 kg.
Puissance	500 ch électr.	510 ch électr.	530 ch électriques.
Rendement total net	0,550	0,563	0,581

On se rend compte ainsi de la valeur élevée du rendement pour la puissance de ce groupe.

Une coupe générale de la turbine de 500 ch à deux corps est représentée sur la figure 18. On voit, notamment, l'arrivée et l'échappement de vapeur dans les deux corps et la disposition des paliers, qui sont tous extérieurs aux enveloppes. Le graissage se fait donc par les moyens ordinaires, sans qu'il soit nécessaire, comme c'était le cas pour les premiers modèles, de refouler l'huile sous pression.

La disposition des deux corps de turbines sur un même arbre n'est pas nécessaire; on peut, au contraire, placer les deux corps

sur deux arbres parallèles en les réunissant par un canal intermédiaire.

Ce dispositif est représenté figure 19 *(Pl. 67)*, pour un ensemble également de 500 ch, avec deux arbres parallèles, en fonctionnement dans une Aciérie de la Pologne russe.

Les deux dynamos sont réunies en quantité, tandis que les deux corps sont en série.

Le fonctionnement de ce type de machine est aussi satisfaisant que celui de la machine à un seul arbre. Elle est un peu plus coûteuse de premier établissement, mais elle offre un avantage

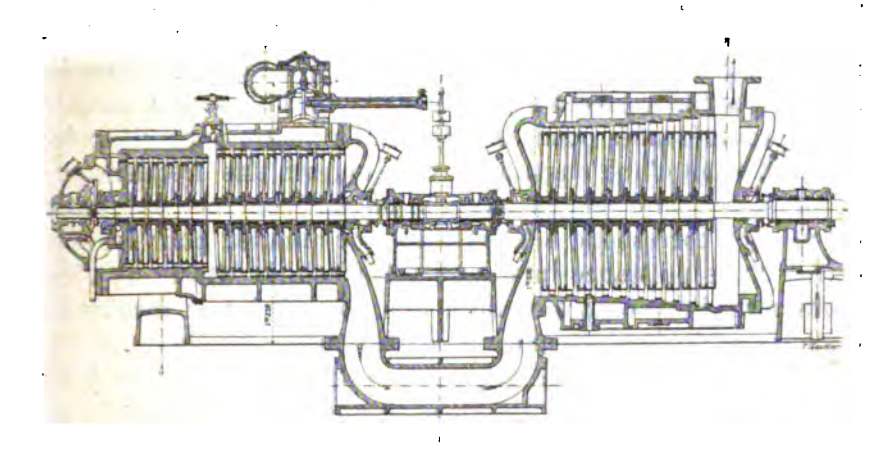


Fig. 18. — Coupe de turbine Rateau de 500 chevaux.

pratique qui est la possibilité de faire fonctionner l'un des corps avec sa dynamo, séparément, dans le cas où il arriverait une avarie à l'autre.

Comme emplacement, suivant les cas, il peut y avoir avantage à employer le groupe à un seul arbre ou le groupe à deux arbres.

L'utilisation de deux dynamos permet, surtout lorsqu'il s'agit de distribution de force dans une usine, d'employer le système à trois fils qui réalise une économie sensible dans le prix des canalisations.

La commande par turbine se prête particulièrement bien à la distribution à trois fils.

COURANT TRIPHASÉ.

La construction des génératrices à courant triphasé sur turbine présente moins de difficultés que celle des dynamos à courant continu. La suppression du collecteur est un avantage important qui se traduit, dans la pratique, par la possibilité de vitesses angulaires plus élevées pour les alternateurs que pour les dynamos à courant continu.

Les ateliers Sautter, Harlé et Cie ont essayé successivement trois types d'alternateurs : l'alternateur à fer tournant, l'alternateur à induit tournant et l'alternateur à inducteur tournant.

L'alternateur à fer tournant serait, au point de vue mécanique, la génératrice idéale pour la turbine à vapeur. Toutefois, sa construction même ne permet d'établir l'inducteur qu'avec deux protubérances polaires équivalant à quatre pôles alternés; lorsqu'il s'agit d'une machine devant fournir une fréquence de 50 périodes complètes par seconde, on voit donc que la vitesse de rotation correspond à 1 500 tours par minute; pour les machines d'une puissance inférieure à 1 000 ch, la vitesse de 1 500 tours par minute est trop faible; elle conduit à une turbine de dimensions disproportionnées et de rendement médiocre.

Mais ce n'est pas là le seul inconvénient du système à fer tournant : à poids égal, les fuites magnétiques et la chute de tension de ces machines sont plus considérables que pour les autres types d'alternateurs.

A qualité égale, le poids de ces machines est notablement plus élevé.

Ces inconvénients sont fort regrettables, car l'alternateur à fer tournant permet de constituer une partie mobile entièrement massive, que l'on peut équilibrer facilement au moment de la construction, et qui n'offre aucune chance d'avarie quelconque.

Le deuxième type d'alternateur est la machine à induit tournant.

C'est suivant ce modèle que Parsons a construit le plus grand nombre de groupes électrogènes fonctionnant en Angleterre.

Le turbo-alternateur de la ville d'Elberfeld, bien connu par les essais complets qui ont été publiés, est justement du même type.

Avec un induit tournant, on peut constituer une machine de poids minimum dont la réaction d'induit est plus faible étant donné qu'on peut saturer ses inducteurs.

Mais une difficulté subsiste : celle de construire des induits qui doivent tourner à des vitesses périphériques considérables pour des tensions élevées; la place manque pour les isolants et les effets d'accroissement dus à la force centrifuge peuvent compromettre, au bout d'un certain temps, l'isolation.

L'alternateur à inducteur tournant comporte un induit fixe en tôle feuilletée et un inducteur à pôles tournants, construits de façon à pouvoir résister à des forces centrifuges élevées.

La tension du courant dans l'inducteur étant faible, puisqu'il s'agit seulement du courant d'excitation, une bonne isolation est plus facile à obtenir.

L'inconvénient de ce modèle réside dans le faible nombre de pôles. Pour une fréquence de 50 périodes, si l'on veut tourner à 3 000 tours par minute, il ne faut que deux pôles; à 1 500 tours par minute, il suffit de quatre pôles.

Ce nombre de pôles, pour la fréquence de 40 périodes, 'correspond à 2 400 et 1 200 tours par minute.

Or les alternateurs à faible nombre de pôles ont une forte réaction d'induit, notamment pour les alternateurs bipolaires, l'induit ne pouvant pas être saturé, car les pertes magnétiques deviendraient trop considérables.

La chute de tension des alternateurs à deux ou quatre pôles est donc considérable lorsque l'on passe de la marche à vide à la marche en pleine charge à excitation constante. Il devient donc nécessaire, lorsque les variations de charge sont fréquentes sur le réseau qu'alimente la machine, de prévoir un système automatique de compensation du voltage, surtout pour les alternateurs bipolaires.

La figure 19 représente un groupe de 1 000 ch électriques, 700 kilowatts à 1 000 volts et 1 500 tours par minute. L'alternateur est à fer tournant et la turbine du premier modèle construit, avec paliers intérieurs.

Cette machine, qui a été calculée et construite en 1900, a donné d'excellents résultats au point de vue mécanique, mais les défauts des alternateurs à fer tournant y sont sensibles : forte chute de tension, fuites magnétiques élevées.

La turbine est du même modèle que celui adopté pour le torpilleur 243, dont nous parlerons plus loin.

Les courbes données à la figure 20 indiquent le rendement de ce modèle de turbine à la vitesse de 1 500 tours par minute. Ce rendement a été mesuré d'après la consommation de vapeur et

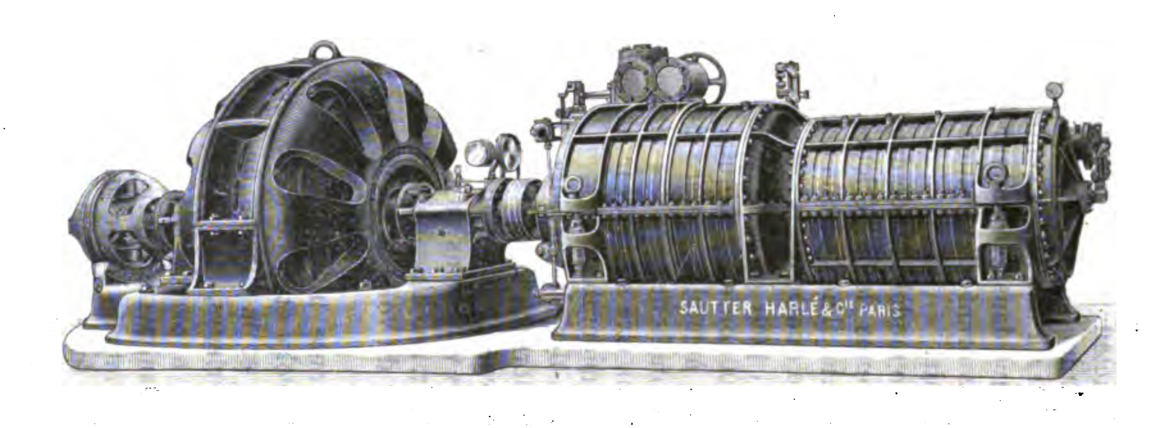


Fig. 19. — Turbo-alternateur de 1 000 chevaux.

d'après la mesure du rendement de l'alternateur lui-même, effectuées suivant une méthode qui nous a été indiquée par M. l'Ingénieur Blondel.

Le modèle de turbine en question était construit pour une vitesse de 1 800 tours par minute; les courbes de rendement ont été établies à la vitesse de 1 700 tours par minute.

Ce type était trop réduit comme dimensions, à cause de l'application que l'on en voulait faire à la propulsion; mais, néanmoins, il est intéressant de constater que le résultat obtenu à pleine charge, dans les essais effectués en 1903, correspond à une valeur de 0,535 comme rendement net de la turbine, tandis que les calculs effectués par M. Rateau, en 1898, assignaient au rendement la valeur de 0,530.

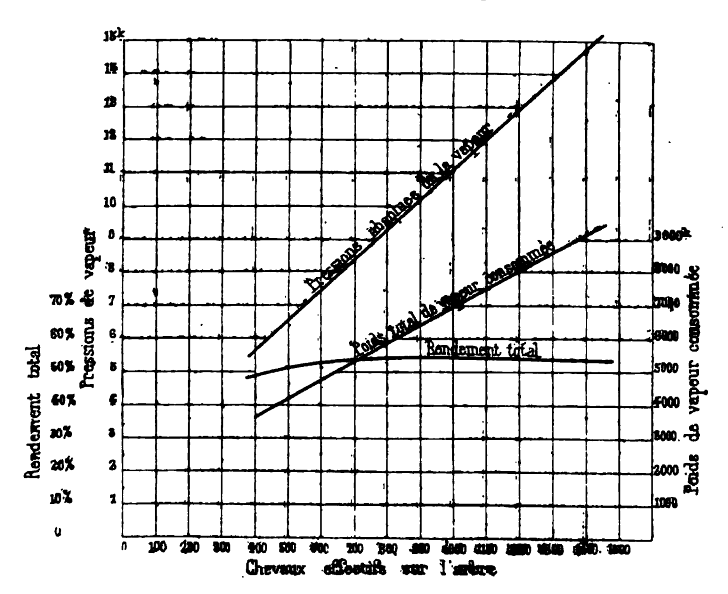


Fig. 20. — Turbine Rateau de 1 000 chevaux.
Rendement total et consommation de vapeur.

La figure 21 représente un groupe de 400 ch électriques, à 5 500 volts, à la vitesse de 3 000 tours par minute.

L'alternateur est bipolaire à inducteur tournant, et la vitesse périphérique du rotor est de 78 m par seconde.

Cette machine est en fonctionnement dans une station de la Compagnie électrique de la Loire.

Le tableau suivant fait connaître les résultats des calculs d'établissement et ceux des essais :

Turbo-alternateur de 400 ch électriques, système Rateau.

	CALCULS D'ÉTABLISSEMENT	RÉSULTATS des ESSAIS
Pression de vapeur. . . . . . . kg absolus.	12	11,84
Échappement . . . . kg	0,15	0,20
Vitesse . . . . tours par minute.	3 000	3 000
Puissance. . . . . ch électriques.	370	388
Rendement	0,470	0,487
Consommation par cheval électrique. kilogr.	8,50	8,72
— par kilowatt . . . . . —	11,60	11,80

Le rendement obtenu aurait pu être amélioré en augmentant un peu la dimension de la turbine, qui ne renfermait que douze roues mobiles; mais, il est déjà supérieur à celui des groupes à turbines d'autres systèmes et de même puissance.

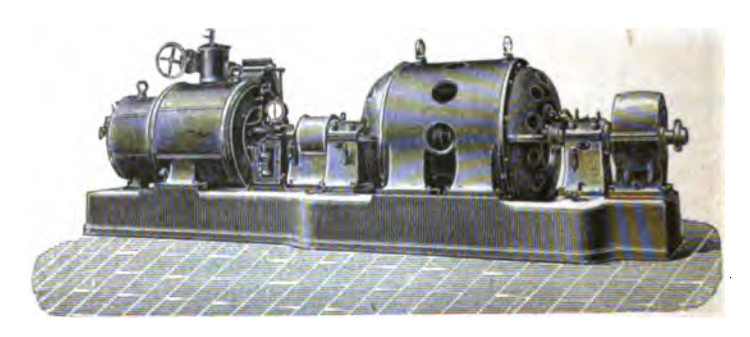


Fig. 21. — Turbo-alternateur de 400 chevaux électriques à 5 500 volts et 3 000 tours.

Il est intéressant de faire observer que cette machine débite sur un réseau dont le facteur de puissance est très faible; il ne dépasse pas, en moyenne, 0,55 à 0,60, ce réseau alimentant surtout de petits moteurs asynchrones pour la conduite des métiers à rubans de la région de Saint-Étienne.

L'alternateur étant bipolaire et le facteur de puissance très faible, la chute de tension à excitation constante entre le vide et la pleine charge est considérable; elle dépasse, en effet, 40 0/0. Dans ces conditions, il était indispensable de compenser cette chute par un compoundage de l'alternateur.

Ce compoundage a été réalisé au moyen d'un dispositif, imaginé par M. l'Ingénieur Blondel, qui comporte l'emploi d'une excitatrice à réaction et double excitation, combinée avec un transformateur en série. Les résultats ainsi obtenus sont très satisfaisants, et on a constaté que le compoundage pouvait se faire avec une variation de quelques centièmes sur le voltage aux bornes.

A l'heure actuelle, les ateliers Sautter, Harlé et C[ie] ont, en construction, des groupes à courant triphasé de 300 chevaux électriques à 1 000 volts, de 360 chevaux à 2 000 volts, de 700 chevaux à 5 000 volts, construits avec des alternateurs à induit tournant ou à inducteur tournant.

Construction des turbines Rateau aux ateliers d'Oerlikon

La construction de groupes électrogènes, avec turbine du système Rateau, a été également entreprise en Suisse, par les Ateliers d'Oerlikon.

Plusieurs groupes générateurs à courant continu ou à courant triphasé ont été établis par ces usines bien connues.

On a fait grand bruit de certaines difficultés qui ont été rencontrées, à l'origine, par les Ateliers d'Oerlikon, dans leurs premières installations.

Ces difficultés provenaient, d'une part, de la construction de machines électriques nouvelles qui, comme nous l'avons dit plus haut, demandaient la solution de problèmes non encore envisagée dans les machines à marche lente.

D'autre part, des circonstances particulières, telles que la disposition de l'arrivée de vapeur à la turbine et celle de la tuyauterie, ont été, dans l'installation de Rheinfelden, la cause d'incidents dont l'importance a été beaucoup exagérée par les personnes qui avaient intérêt à le faire.

A l'heure actuelle, les Ateliers d'Oerlikon ont vaincu ces premières difficultés et ont établi une fabrication courante des turbines à vapeur du système Rateau. On peut citer notamment un ensemble électrogène à courant continu, d'une puissance de 100 kilowatts, à 3 000 tours par minute, installé à Rüti, en Suisse, en fonctionnementnormal depuis dix-huit mois.

Il importe de rappeler que la turbine Rateau, à double corps en cascade *(fig. 16, Pl. 67)*, d'une puissance de 2 000 ch, qui a donné d'excellents résultats pour la propulsion d'un torpilleur

construit par la maison Yarrow, en Angleterre, dans des essais récents, est sortie des Ateliers d'Oerlikon.

Nous en parlerons plus loin, à propos des applications maritimes.

II. — Turbo-Pompes.

Principe de ces appareils

Le problème qui consiste à actionner une pompe centrifuge par une turbine à vapeur semble présenter, au premier abord, des difficultés insurmontables.

Comme l'a indiqué M. Rateau dans son mémoire sur les pompes centrifuges à haute pression, publié dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale*, en 1902, il est toujours possible d'actionner une pompe centrifuge, à vitesse angulaire considérable, par une turbine à vapeur; mais, si l'on ne prend pas certaines précautions, le rendement d'une telle combinaison devient tout à fait défectueux.

Au delà d'une certaine vitesse angulaire, une roue de pompe centrifuge n'est plus capable de produire un refoulement quelconque, l'aspiration elle-même étant supprimée.

Ce phénomène, comparable à celui de la cavitation des ailes d'hélice, est dû à la discontinuité qui se produit dans la veine liquide, le fluide ne pouvant plus suivre les aubes mobiles de la pompe centrifuge; au delà d'un certain débit pour une vitesse et une aspiration données, on voit le rendement d'une pompe centrifuge s'abaisser et devenir tout à fait défectueux.

Le phénomène de la cavitation oblige donc à mettre en charge la roue de pompe centrifuge, lorsque sa vitesse angulaire dépasse une certaine limite pour un débit donné et une hauteur donnée d'élévation.

Il est donc indispensable, lorsque l'on veut commander directement une pompe centrifuge par une turbine à vapeur, de mettre en charge ladite pompe au moyen d'une pompe accessoire ou nourricière, qui est chargée de produire le débit normal avec une hauteur d'élévation beaucoup moindre, atteignant tout au plus 5 à 10 0/0 de la hauteur totale à produire.

Lorsque l'on emploie des turbines à une seule roue, genre de Laval ou Rateau première manière, comme la vitesse angulaire est très considérable, il devient impossible de mettre en charge la pompe principale en plaçant la pompe nourricière sur

le même arbre, le phénomène de la cavitation, supprimé pour la pompe principale, se reproduisant sur la pompe nourricière.

Pour cette raison, les premiers inventeurs ont compris qu'il fallaitréduirela vitesse angulaire de la pompe nourricière, et, par suite, placer sur l'arbre principal de la turbine un engrenage réducteur.

Ainsi est construite la pompe de Laval et d'autres machines analogues.

La figure 20 *(Pl. 67)* représente la première turbo-pompe imaginée par M. Rateau, qui a donné lieu aux expériences effectuées pendant l'année 1901.

La turbine, constituée par une seule roue, genre Pelton, tournant à la vitesse de 15 000 à 18 000 tours par minute, actionnait une roue de pompe centrifuge de 8 cm seulement.

Cette roue était alimentée, en charge, au moyen d'une autre pompe; on a pu atteindre ainsi une hauteur d'élévation de 304 m avec un débit de 25 m^3 à l'heure et un rendement global, pompe et turbine à vapeur, de 0,280 ; la roue absorbait, dans ces conditions, environ 50 ch sur son arbre.

Dans une autre expérience, on a débité jusqu'à 43 m^3 à l'heure à 263 m de hauteur, et la pompe absorbait alors 70 ch sur son arbre.

Ces expériences remarquables démontraient, tout d'abord, qu'une pompe centrifuge permet d'atteindre des hauteurs, pour ainsi dire, illimitées et, en second lieu, que le rendement d'une pareille combinaison était comparable à celui des groupes, machines à piston et pompes à mouvements alternatifs des meilleurs modèles.

Par rendement total d'une turbo-pompe, nous entendons le rapport de l'énergie utile en eau montée à l'énergie totale renfermée dans la vapeur pour la chute utilisée de la pression d'amont de la turbine à la pression du condenseur.

Les expériences dont nous venons de parler démontraient la possibilité de créer des turbo-pompes d'excellent rendement.

M. Rateau eut alors l'idée d'appliquer la commande par turbines à vapeur multicellulaires au système de pompes, également multicellulaires, qu'il avait imaginé.

La pompe Rateau est essentiellement constituée par un ou plusieurs corps renfermant une série de roues mobiles et de diffuseurs fixes, permettant d'additionner successivement les pressions de chaque roue pour arriver à la pression totale.

En employant une telle combinaison, on peut, pour la même vitesse angulaire, supprimer le phénomène de la cavitation, ou, tout au moins, en reculer les limites.

D'autre part, en commandant la pompe ainsi combinée par une turbine multicellulaire, on peut abaisser notablement la vitesse, pour les mêmes conditions d'emploi, et placer sur le même arbre la pompe nourricière qui se trouve faire corps avec la pompe principale.

Description des diverses turbo-pompes

La figure 22 représente une turbo-pompe débitant 180 m³ à la hauteur de 210 m et absorbant sur son arbre une puissance d'environ 230 ch.

L'échappement de la turbine se fait dans un éjecto-condenseur

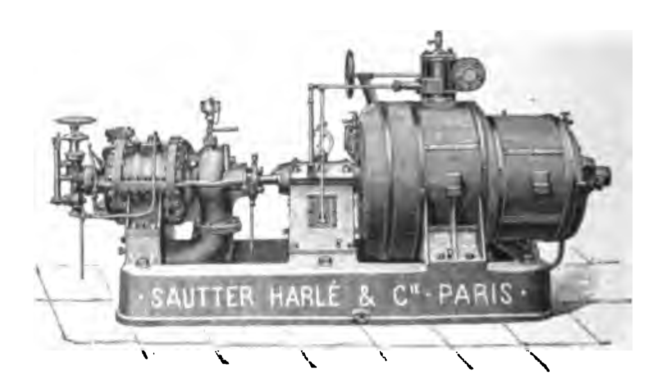


Fig. 22. — Turbo-pompe Rateau de 230 chevaux.

à axe vertical, qui fait corps avec l'enveloppe. L'eau de condensation est mise en charge au moyen d'une petite centrifuge commandée par l'arbre lui-même.

L'ensemble de cet appareil constitue donc une petite usine d'élévation complète, avec le moteur à vapeur, un appareil de condensation, la pompe élévatoire et la pompe nourricière.

Le tableau suivant donne les résultats comparatifs des calculs d'établissement de cette turbo-pompe et ceux des essais (p. 497).

Le rendement total net s'est élevé à 0,366, correspondant à une consommation de vapeur de 12,75 kg par cheval utile à la pression assez basse de 6,35 kg effectifs.

Une turbo-pompe plus puissante a été construite récemment pour la Société des Mines de Bruay, dans le Pas-de-Calais.

Turbo-pompe Rateau élevant 180 m³ d'eau à l'heure à 210 m.

	CALCULS D'ÉTABLISSEMENT	RÉSULTATS DES ESSAIS
Débit à l'heure. . . . . m³	180	180
Hauteur totale. . . . . m	206	208
Vitesse par minute. . . . . t	3 100	3 250
Pression de vapeur. . . . . kg absolus	9	7,35
Échappement . . . . kg	0,180	0,174
Rendement total net	0,344	0,366
Consommation par cheval utile en eau montée (condensation comprise). . . . . kg	12,80	12,75

Cette machine peut élever 250 m³ à l'heure à 360 m d'élévation; elle est représentée figure 23.

Les prévisions du calcul et les résultats d'essais sont indiqués sur le tableau ci-dessous :

Turbo-pompe Rateau de 250 m³ à l'heure, à 360 m d'élévation.

	CALCULS D'ÉTABLISSEMENT	RÉSULTATS DES ESSAIS
Débit à l'heure. . . . . m³	250	266
Hauteur totale. . . . . m	360	364
Vitesse par minute. . . . . t	2 250	2 200
Pression de vapeur. . . . . kg absolus	7	7,10
Échappement . . . . kg	0,11	0,114
Rendement total net	0,43	0,425
Consommation par cheval utile en eau montée (condensation non comprise). . . . . . kg	10,0	10,30

On remarquera le rendement élevé de cette pompe qui, tout compris, atteint 0,425. On verra plus loin à quoi correspond, comme consommation de vapeur, un chiffre de rendement total dépassant 40 0/0, lorsqu'on peut fonctionner avec des pressions élevées.

L'un des grands avantages des turbo-pompes, en dehors de leur excellent rendement, consiste dans leur faible encombrement comparé aux pompes à piston.

Nous indiquons figure 24 les dimensions comparatives de la chambre de mine nécessaire pour le modèle de turbo-pompe dont nous venons de parler, et de la chambre renfermant une pompe à piston de même puissance.

La turbo-pompe des mines de Bruay représente, en effet, 500 ch sur l'arbre, mais les dimensions de la turbine à deux

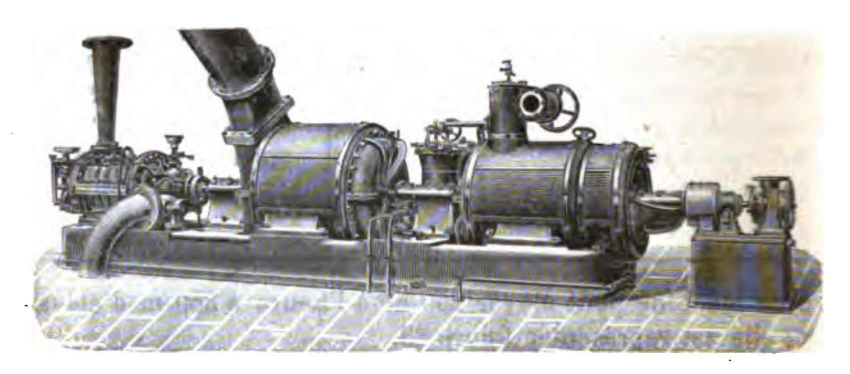
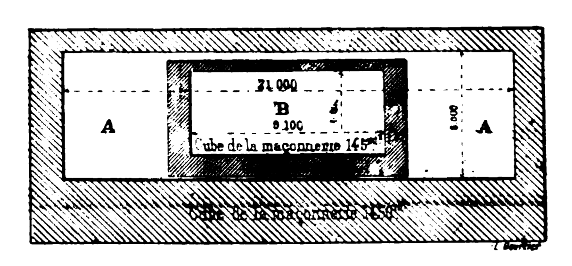


Fig. 23. — Turbo-pompe Rateau de 250 m³ à 360 m.

corps et celles de la pompe elle-même sont si fort au-dessous d'une pompe à piston correspondante qu'il en résulte une économie considérable dans l'établissement de la chambre et dans le volume des maçonneries, à peu près dans le rapport de 1 à 10.

Un autre modèle fonctionne dans une mine métallique et fournit 110 m³ à l'heure à 70 m de hauteur.

La turbine est construite pour recevoir de la vapeur à la pression de 4 kg effectifs; mais, en réalité, elle ne fonctionne qu'à la pression de 1 kg seulement, le débit à élever étant notablement moindre que celui pour lequel l'appareil a été calculé.



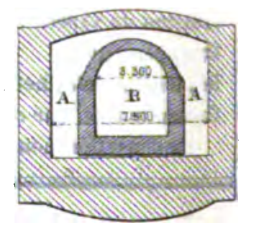


Fig. 24. — A, pompe à vapeur à piston; B, turbo-pompe Rateau.

On peut également, avec la turbo-pompe, réaliser des conditions assez complexes.

La figure 21 *(Pl. 67)* représente un appareil construit pour un charbonnage Russe, devant élever 90 m^3, tout d'abord à 90 m de hauteur pendant une première période, puis à 160 m.

Le problème a été résolu en construisant une pompe avec trois roues, dont deux seulement seront en fonctionnement pour élever à 90 m ; on obtiendra ensuite la hauteur de 160 m, en ajoutant la troisième roue et en augmentant légèrement la vitesse de la turbine.

Turbo-pompes alimentaires.

Les turbo-pompes, du système Rateau, peuvent s'appliquer d'une manière avantageuse à l'alimentation des chaudières.

Lorsqu'il s'agit, principalement, d'un groupe de générateurs d'une certaine importance, une turbo-pompe peut faire commodément le service, avec une consommation de vapeur bien plus favorable que les petits chevaux alimentaires ou les pompes à vapeur employées d'habitude.

Tandis que les pompes ordinaires consomment 80 à 120 kg de vapeur par cheval utile en eau introduite dans la chaudière, chiffre qui peut même s'élever à 150 kg lorsqu'il s'agit de faibles débits, la turbo-pompe alimentaire ne consomme pas plus de 20 à 25 kg par cheval utile.

Cette faible consommation de vapeur a une importance plus grande qu'il ne paraît au premier abord : c'est, en effet, au moment où l'on demande à la chaudière un poids considérable de vapeur qu'il faut, précisément, l'alimenter, et, par suite, il faut distraire une fraction élevée de la vapeur produite pour le service de l'alimentation.

Aussi, malgré son prix d'établissement un peu plus élevé, la turbo-pompe est notablement plus économique que les pompes alimentaires à piston, si l'on tient compte de la consommation de vapeur.

Parmi les nombreux types on peut encore citer une turbo-pompe alimentaire débitant 40 m^3 à l'heure à la hauteur de 120 m, c'est-à-dire à la pression de 12 kg effectifs et installée aux mines de Lens.

Un système de réglage automatique permet à l'appareil de fonctionner d'une manière continue, même lorsque son débit est réduit à 0.

La manœuvre consiste pour le chauffeur dans l'ouverture du robinet d'alimentation ou sa fermeture graduelle.

TURBO-POMPE A GRAND DÉBIT POUR L'ÉLEVAGE D'EAU DANS LES VILLES.

Les turbo-pompes Rateau, aussi bien au point de vue du rendement qu'au point de vue de la commodité du fonctionnement, sont particulièrement aptes aux distributions d'eau dans les villes, lorsque les pressions à créer sont élevées.

Les chiffres suivants indiquent les résultats que l'on peut obtenir avec un de ces appareils, dans des conditions analogues à celles que l'on trouve dans plusieurs grandes ville d'Europe :

Débit à l'heure.	1 400 m^3
Hauteur d'élévation	140 m
Puissance utile en eau montée	730 ch
Rendement total, condensation comprise	0,460
Pression de vapeur.	15 kg absolus
Vide à l'échappement.	0,08 kg
Surchauffe de la vapeur.	100 degrés
Consommation de vapeur par cheval utile et par heure en eau montée. .	6,75 kg

Si l'on veut traduire la consommation que nous venons de chiffrer par cheval indiqué, en admettant un rapport de 88 0/0 entre le cheval indiqué et le cheval effectif, la consommation par cheval indiqué ressort à 4,15 kg environ.

Le système en question ne le cède donc en rien aux meilleures pompes à piston actuellement employées.

III. — **Turbo-ventilateurs.**

Les grandes vitesses angulaires des turbines à vapeur les rendent particulièrement aptes à la commande directe de ventilateurs à haute pression pouvant jouer le rôle de machines soufflantes ou de véritables compresseurs.

On trouvera, dans le mémoire, déjà cité, de M. Rateau (1) les expériences exécutées sur un turbo-ventilateur de son premier modèle, représenté à la figure 22 *(Pl. 67)*.

Cet appareil était constitué par une turbine à une roue, genre

(1) *Ventilateurs et Pompes centrifuges pour hautes pressions. Bulletin* de la Société de l'Industrie Minérale, première livraison, 1902.

Pelton, commandant directement une roue de ventilateur de 30 cm de diamètre.

Pour une vitesse de 20 200 tours par minute, ce ventilateur débitait 0,656 m³ par seconde, à une pression de 5,70 m d'eau par centimètre carré. Le travail utile atteignait alors, en air comprimé, 41 ch environ, et le rendement total du groupe, 0,307, la pression de vapeur à l'entrée dans la turbine étant de 10,4 kg absolus.

Depuis cette époque, le système en question a été perfectionné et un certain nombre de ces appareils ont été construits pour des applications variées.

L'un d'eux est employé dans une sucrerie pour la compression de l'acide carbonique extrait d'un four à chaux ; il est également employé dans les arsenaux pour des buts spéciaux.

La puissance de cet appareil est d'environ 60 ch sur l'arbre. Un système ingénieux de réglage permet de maintenir la pression de refoulement constante, quel que soit le débit, ou, au contraire, de maintenir le débit constant, ou même, si on le désire, à la fois le débit et la pression, en agissant sur la vitesse de la turbine.

Le modèle figure 25 a été livré aux Forges de Châtillon et

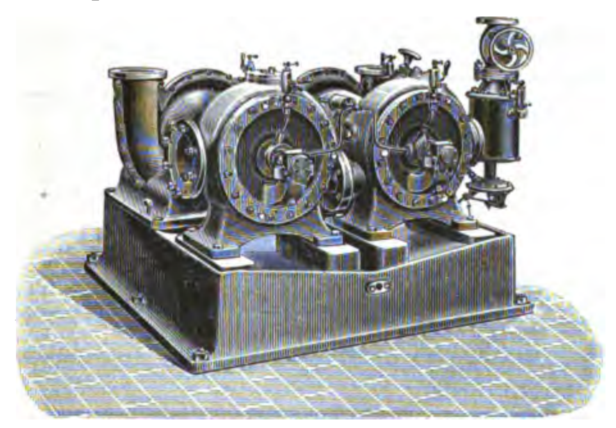


FIG. 25. — Turbo-ventilateur Rateau pour hauts fourneaux.

Commentry pour le soufflage d'un haut fourneau : il produit 140 m³ à la minute, à la pression de 25 cm de mercure ; la puissance en air comprimé atteint jusqu'à 100 ch.

Le tableau suivant donne, d'une part, les résultats des calculs d'établissement, et, d'autre part, ceux de deux séries d'essais différents.

Turbo-ventilateur du système Rateau débitant 2 m³ d'air par seconde, à la pression de 2 m d'eau.

	CALCULS D'ÉTABLISSEMENT	RÉSULTATS DES ESSAIS 1	RÉSULTATS DES ESSAIS 2
Débit d'air par seconde. . . m³	2,15	2,22	1,61
Pression maxima . . . m d'eau	2,30	2,70	3,57
Vitesse par minute. . . . tours	13 800	14 600	14 600
Pression de la vapeur . kg absolus	6	7	7,5
Vide à l'échappement. . . . kg	0,20	0,20	0,306
Rendement total net	0,350	0,362	0,377
Consommation par cheval utile et par heure en air comprimé. kg	14,27	14,66	13,90

Le rendement total de cet appareil s'est élevé au chiffre remarquable de 0,377.

La turbine à vapeur est composée de deux roues, genre Pelton, réunies en série, et commandant chacune un arbre distinct. Sur chacun des arbres est placée une roue de ventilateur donnant

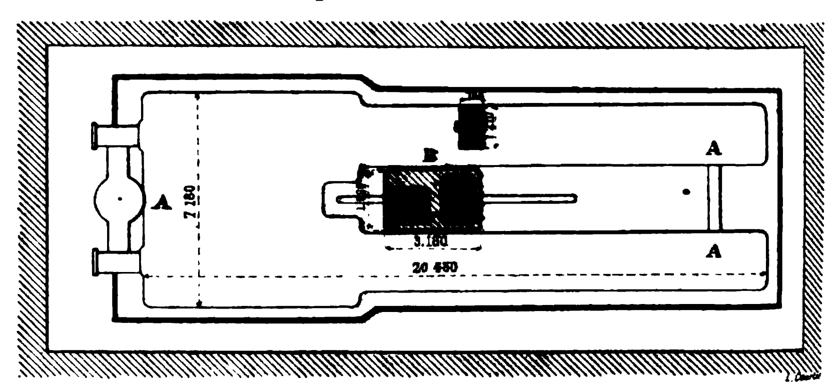


FIG. 26. — A, machine soufflante (surface, 164 m²); B, turbo-ventilateur Rateau (surface, 7 m²).

la pression totale et la moitié du débit ; les orifices de refoulement sont réunis en quantité.

Le principe de l'appareil permet la construction de machines encore plus puissantes, remplaçant avantageusement les soufflantes actuelles.

Il suffit, pour s'en convaincre, de considérer la figure 26 représ-

sentant l'emplacement occupé par l'appareil précédent et par la machine soufflante qu'il est chargé de remplacer.

Un autre modèle actuellement en construction permet de donner 110 m³ à la minute en air comprimé à la pression de 4 m d'eau.

Enfin, dans quelques mois, sera achevée la construction d'un turbo-compresseur absorbant 350 ch sur son arbre et pouvant fournir de l'air comprimé à la pression de 6 kg effectifs. Cet appareil est commandé par une turbine à basse pression utilisant les vapeurs d'échappement d'une machine d'extraction de mine.

La turbine est doublée par un corps à haute pression, assurant le fonctionnement pendant les heures où la machine d'extraction se trouve arrêtée.

Cette branche, toute spéciale, des applications des turbines à vapeur à la compression de l'air, est susceptible d'un grand avenir, non seulement pour l'exploitation des mines, mais également pour la métallurgie, les appareils Rateau remplaçant, avec avantage, les machines soufflantes de toute nature dans les aciéries et pour les hauts fourneaux.

IV. — Turbines à basse pression.

L'utilisation des vapeurs d'échappement provenant des machines à vapeur, échappant à la pression atmosphérique, a été l'objet de travaux nombreux de la part de M. Rateau.

L'excellent rendement des turbines alimentées par des vapeurs à basse pression lui a permis de démontrer que l'utilisation de ces vapeurs, impossible avec les machines à piston, devenait aisée au moyen des turbines.

Si l'on prend, en effet, de la vapeur d'eau à la pression atmosphérique, représentant un volume de 1 660 l environ par kilogramme, et si l'on veut détendre cette vapeur jusqu'au vide du condenseur, par exemple, jusqu'à une contrepression de 0,10 kg (68 cm de vide), on constate (voir l'abaque) que le poids de vapeur consommé par cheval théorique est de 7,75 kg.

Or, la turbine à vapeur multicellulaire, bien établie et utilisant de la vapeur dans ces conditions, peut avoir un rendement dépassant 60 0/0 et pouvant atteindre jusqu'à 65 0/0.

Le cheval effectif sur l'arbre, dans ces conditions, représente

une consommation de vapeur d'échappement de 12 kg environ par cheval et par heure.

Si l'on voulait remplacer la turbine par un moteur à piston, non seulement les dimensions de ce moteur deviendraient, à puissance égale, absolument disproportionnées, mais son rendement, à cause des frottements et pertes thermiques, serait déplorable.

Les dimensions de la turbine, au contraire, sont loin de croître proportionnellement au volume de vapeur à utiliser. Il suffit, en effet, que les sections des distributeurs soient calculées pour laisser passer le flux total de vapeur à une vitesse convenable.

La turbine se trouve ainsi, vis-à-vis de la machine à piston, dans les mêmes conditions comparatives que la pompe centrifuge vis-à-vis de la pompe à piston.

Frappé de ces avantages, M. Rateau chercha à combiner les turbines avec les machines fixes fonctionnant sans condensation, c'est-à-dire avec les machines d'extraction de mines et les machines de laminoirs.

Les puissances que représentent ces appareils sont considérables et l'énergie à récupérer, dans les vapeurs perdues, permet de réaliser une économie importante dans le prix de revient d'une usine.

Toutefois, une difficulté se présentait : les machines en question étant à fonctionnement intermittent, il devenait nécessaire de régulariser le flux de vapeur émis par bouffées, que la turbine n'aurait pas pu employer dans ces conditions.

L'ingénieux accumulateur régénérateur de vapeur imaginé par M. Rateau, a résolu pleinement le problème : il transforme un flux discontinu de vapeur en un flux continu, quelle que soit la machine primaire.

M. Rateau a démontré (1) que, non seulement l'utilisation des vapeurs d'échappement était avantageuse pour les machines échappant à air libre, mais que, même lorsque l'on applique la condensation, il y a avantage à récupérer l'énergie de la vapeur de la pression atmosphérique jusqu'à celle du condenseur, dans

(1) *Note sur un accumulateur régénérateur de vapeur*, par M. A. Rateau. Paris, 1902.

Utilisation des vapeurs d'échappement par l'emploi d'accumulateurs de vapeur et de turbines à condensation. Bulletin de la Société de l'Industrie Minérale, première livraison, 1903.

Utilisation des vapeurs d'échappement. Note publiée par la Société d'Exploitation des Appareils Rateau (accumulateurs de vapeur), 28, avenue de Suffren. Novembre 1903.

une turbine à vapeur plutôt que dans le gros cylindre d'une machine à piston.

Ainsi, non seulement l'emploi de la turbine serait rationnel, dans le cas des machines de mines ou de laminoirs, mais il serait indiqué pour beaucoup d'installations à expansions multiples.

La figure 27 représente un groupe turbo-dynamo de 300 ch,

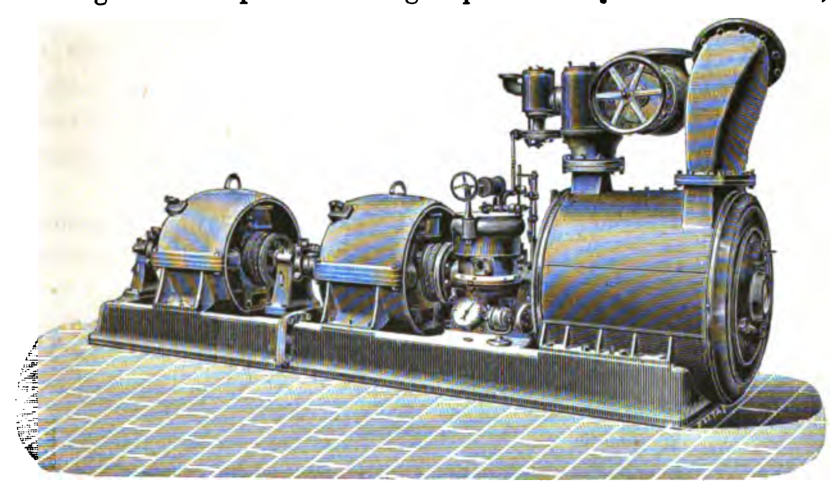


FIG. 27. — Turbo-dynamo de 300 chevaux à basse pression.

à basse pression, installé aux mines de Bruay, en 1902 : la turbine, à un corps, emploie la vapeur d'échappement d'une machine d'extraction et la détend jusqu'au vide du condenseur.

A la vitesse moyenne de 1 600 tours par minute, la turbine actionne deux dynamos placées en bout d'arbre et qui suffisent à alimenter le service de la fosse n° 5 de ce charbonnage.

Lorsque la machine d'extraction est arrêtée, la vapeur est fournie à la turbine par la chaudière, et elle est détendue à son entrée, au moyen d'un détendeur automatique.

Sur la figure 28, nous avons tracé les courbes du rendement de cette turbo-dynamo en fonction de la vitesse.

Les chiffres qui ont servi de base à ces courbes ont été relevés par MM. Sauvage et Picou, dans les ateliers Sautter, Harlé et Cie, avec toutes les précautions possibles.

L'ensemble de l'installation faite aux mines de Bruay est représentée figure 29.

On distingue, derrière la turbine, le corps de l'accumulateur de vapeur qui régularise le flux d'échappement émis par la machine d'extraction.

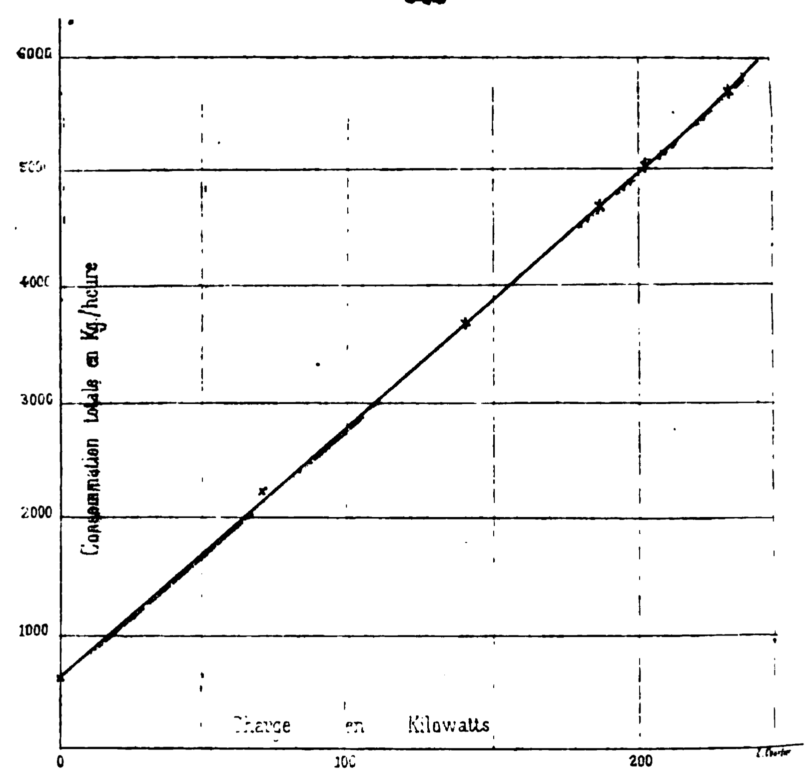


Fig. 28. — Turbo-dynamo de 300 chevaux à basse pression.

Le tableau suivant donne les résultats comparatifs des calculs d'établissement et ceux des essais du groupe de Bruay :

Turbo-dynamo de 300 chevaux électriques à basse pression.
Système Rateau.

		CALCULS D'ÉTABLISSEMENT	RÉSULTATS des ESSAIS
Pression absolue de la vapeur	kg	0,90	1,01
Échappement	kg	0,15	0,184
Vitesse par minute	tours	1 800	1 800
Puissance en chevaux électriques		300	336
Rendement total net		0,570	0,580
Consommation par cheval électrique	kg	17,40	16,95
Rendement des dynamos mesuré par la méthode d'opposition		»	0,925

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les applications innombrables que l'on peut faire des turbines pour l'utilisation des vapeurs d'échappement. Nous signalerons seulement que l'emploi des turbines multicellulaires permet de constituer des machines mixtes pouvant utiliser alternativement ou simultanément deux flux de vapeur : l'un à basse pression, l'autre à haute

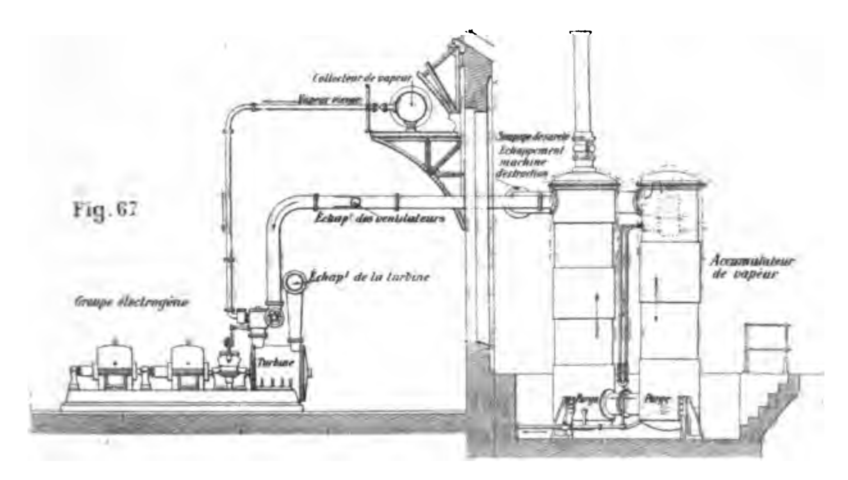


Fig. 29.

pression, tous les deux dans les meilleures conditions de rendement. On pourra ainsi alimenter une turbine, soit par les vapeurs d'échappement d'un laminoir, ou de toute autre machine primaire, soit par la vapeur vive provenant d'une chaudière, et cela, dans une proportion quelconque et pour une durée quelconque.

V. — Applications à la marine.

L'application des turbines à vapeur à la propulsion des navires a donné lieu, ces dernières années, à de nombreuses discussions.

C'est à M. Parsons que revient l'honneur d'avoir, le premier, réalisé des bâtiments où la propulsion était entièrement faite par des turbines. Il est à peine utile de rappeler ici son premier essai « Turbinia », suivi bientôt de bâtiments légers à marche rapide, construits pour la marine britannique et, enfin, plus récemment, les paquebots *The Queen* et le *Brighton* établis pour le service des passagers entre la France et l'Angleterre.

Il nous est impossible de traiter ici, d'une façon complète, ces questions qui exigeraient de longs développements. Nous désirons seulement faire ressortir certaines conséquences de l'expérience acquise jusqu'ici.

Nous profitons d'une communication que M. Rateau vient de faire en Angleterre, à la Société des Navals Architectes, et qui donne des renseignements inédits sur les dernières expériences de propulsion réalisées avec les turbines Rateau.

Difficultés de l'application des turbines à la propulsion des navires.

Tandis qu'à première vue il paraît facile de remplacer des machines à piston par des turbines, et que les avantages de ces dernières semblent évidents, une discussion plus approfondie fait ressortir les difficultés sous trois chefs principaux :

1° L'accommodation aux hélices de la grande vitesse de rotation des turbines;

2° Le bon rendement à petite allure;

3° La marche rétrograde et les manœuvres d'accostage.

Accommodation aux hélices de la grande vitesse de rotation des turbines.

Lorsqu'on peut laisser les turbines prendre la vitesse de rotation qui leur convient, on obtient un rendement excellent et certainement meilleur que celui des machines à piston les plus parfaites.

Les chiffres que nous avons donnés précédemment pour diverses applications de turbines confirment ce fait, comme, d'ailleurs, les essais publiés sur les turbines Parsons.

Malheureusement, la vitesse de rotation qui assure un bon rendement est généralement trop élevée pour être adaptée aux propulseurs hélicoïdaux. Il faut donc sacrifier, en partie, le rendement des turbines, si l'on ne veut pas obtenir un grave mécompte sur les hélices.

Pour faire tourner la turbine plus lentement qu'il ne serait nécessaire avec d'autres applications, il faut multiplier le nombre des roues mobiles, diviser la turbine en plusieurs corps en cascade; d'autre part, pour permettre aux hélices d'atteindre une pareille vitesse de rotation, il est nécessaire de les répartir sur plusieurs arbres par une, par deux ou par trois, et d'augmenter

leur surface de manière que le diamètre périphérique devienne plus grand que le pas.

Ces modifications diminuent le rendement des hélices comme celui des turbines. Il n'est donc pas prouvé, *a priori*, que le rendement moyen de l'ensemble, le seul qui importe aux marins, soit supérieur à celui d'une hélice actionnée par un moteur à piston.

Les difficultés vont en croissant à mesure que la vitesse du bateau est plus faible. Cela résulte, d'une part, de ce que la surface totale, et, par suite, la dimension des hélices, est déterminée par le maître couple du navire; tandis que, d'autre part, la grandeur des turbines l'est presque uniquement par la vitesse de rotation et pas du tout par la puissance.

A mesure que l'on réduit la vitesse du bateau, il faut réduire en proportion la vitesse de la turbine, en sorte que les dimensions de celle-ci augmentent, soit par le diamètre des roues, soit par leur nombre, pendant que la puissance diminue, et ceci, à peu près comme l'inverse du cube de la vitesse. Il y a donc une limite de vitesse au-dessous de laquelle l'emploi des turbines ne peut pas être pratique.

M. Rateau a exprimé l'opinion que cette limite est probablement voisine de 20 nœuds; pour de très grands navires, et, par suite, de très grandes puissances à développer, on pourra peut-être descendre au-dessous de ce chiffre, mais il est peu probable qu'on s'en éloigne beaucoup.

Rendement a petite allure.

Si la turbine à vapeur est susceptible de donner de bons résultats comme rendement, au maximum de puissance, les rendements à allure réduite deviennent franchement mauvais, par suite de la diminution du rendement hydraulique, comme nous l'avons indiqué plus haut.

A vitesse réduite, la dépense de vapeur d'une turbine est toujours plus élevée que celle d'une machine à piston, bien qu'à vitesse normale, elle puisse être beaucoup moindre.

Cet inconvénient n'aurait pas d'importance pour les navires qui, tels que les paquebots, marchent presque toujours à leur vitesse maximum; mais, pour les navires de guerre, la vitesse de marche la plus économique est très inférieure à la vitesse maxima que l'on n'atteint qu'exceptionnellement. Il en résulte

que l'accroissement de consommation dû à la diminution de rendement des turbines aurait pour effet de diminuer énormément leur rayon d'action.

On pourrait, en effet, y remédier, comme le fait Parsons, en ajoutant une turbine supplémentaire, dite « turbine de croisière », par laquelle on introduirait d'abord la vapeur, en cas de marche à petite allure; toutefois, ce procédé n'améliore pas le rendement hydraulique et la consommation reste élevée.

Le seul moyen efficace pour permettre un fonctionnement économique à vitesse réduite est d'employer, en même temps que les turbines, une machine à piston de plus faible puissance.

Marche rétrograde et manœuvre d'accostage.

Avec les machines à piston, l'arrêt et le renversement de la marche sont réalisés de la manière la plus simple.

Les turbines, au contraire, de par leur nature même, ne se prêtent pas à la reversibilité.

Divers inventeurs ont proposé des dispositifs d'aubages spéciaux permettant de marcher avec les mêmes roues dans les deux sens. Ces tentatives ne sont pas destinées à aboutir, car on ne peut réaliser la reversibilité qu'en sacrifiant le rendement de la marche en avant. Il est donc nécessaire, pour la marche arrière, d'installer, soit une machine à piston, qui servirait également pour la marche à vitesse réduite, soit une turbine à vapeur.

Mais, malheureusement, l'emploi d'une turbine spéciale de marche arrière a l'inconvénient de prendre beaucoup de place en longueur.

M. Rateau, dans un brevet de 1898, a eu l'idée ingénieuse de loger, à l'intérieur d'une turbine principale, du côté de la basse pression, une turbine de marche arrière constituée par quelques roues à aubages renversés, recevant de la vapeur d'un distributeur spécial.

Ce dispositif occupe moins de place qu'une turbine distincte, et il n'a pas d'inconvénient dans la marche avant, les roues de marche arrière ne créant aucune résistance sensible pendant que le moteur principal fonctionne.

Ce dispositif a été appliqué sur le torpilleur 243 et sur la *Libellule*.

Mais, de toute manière, il est difficile, avec les turbines, d'ob-

tenir une grande vitesse de marche arrière. Il faudrait, pour cela, donner au mécanisme de marche arrière, un développement presque équivalent à celui de la marche avant : c'est là un inconvénient sérieux sur les machines à piston, qui sont absolument reversibles.

Quant aux manœuvres d'accostage à l'arrêt rapide du navire, les turbines présentent quelques inconvénients :

Ainsi, lorsqu'on coupe la vapeur, les hélices continuent à tourner sous l'impulsion de l'eau et entraînent facilement les roues mobiles, car la résistance au mouvement de rotation est très faible.

Aussi, l'arrêt et le renversement de marche, et, d'une manière générale, la souplesse des manœuvres sont-elles une difficulté des plus sérieuses, surtout pour les navires de guerre.

Applications réalisees.

Torpilleur 243.

C'est en 1898 que l'on s'est préoccupé, dans la Marine Française, d'expérimenter les turbines à vapeur pour la propulsion des bateaux de guerre.

La Marine a commandé aux Forges et Chantiers de la Méditerranée un torpilleur d'essais de 92 tx, le 243, muni de turbines Rateau.

Ce bâtiment était pourvu de deux arbres d'hélices, et, sur chacune d'elles, on avait disposé une turbine complète détendant la vapeur de la pression de la chaudière jusqu'au vide du condenseur.

Malheureusement, on avait donné, comme programme, d'utiliser une coque de torpilleur ordinaire et de loger les turbines dans l'emplacement habituellement réservé aux moteurs à piston.

Ce programme a causé une grande gêne pour l'installation des turbines et des hélices, et il a empêché l'essai d'être aussi concluant qu'il aurait pu l'être.

Il est très difficile, en effet, d'adapter des turbines à un bateau dont la coque est disposée pour recevoir dans l'axe une seule machine à piston. La forme de la coque n'était pas assez aplatie dans sa partie inférieure; il en est résulté une impossibilité d'abaisser les arbres suffisamment à l'endroit des turbines, ce qui a

TORPILLE

Tirants d'eau:
- AV 1m 110
- AR 1m 370
- Moyen 1m 240
- Différence 0m 260

Essai de consommation à 20

	HEURES DES OBSERVATIONS	DIRECTION DES BASES	DURÉE DES PARCOURS	NOMBRE DE TOURS — AUX COMPTEURS — Tribord	Bâbord	MOYEN par minute	VITESSE en NŒUDS	AVANCE par TOUR	PRESSIONS OBS — Alimentation	CHAUDIÈRES — AV	[illegible]
									kg	kg	
	2h 17	Commenct de l'essai		»	»	»	»	»	15,2	14,7	14,9
a	2h 30	NS	3′ 13″	5 490	5 600	1 723,83	20,438	0,36564	15,3	14,9	15,0
b	2h 42	SN	3′ 3″	5 320	5 450	1 765,57	21,554	0,37651	15,4	15,0	15.1
c	2h 56	NS	3′ 15″	5 590	5 700	1 738,46	20,228	0,35885	15,3	14,8	15,0
I	Moyenne = $\frac{a + b + b + c}{4}$ =					1 748,36	20,9435	0,36938	Recul = 0.260		
	3h 17	Route libre		»	»	»	•	»	15,2	14,8	14.9
d	3h 30	SN	2′ 56″5	5 150	5 290	1 774,50	22,349	0,38814	16,2	15,6	15.9
e	3h 42	NS	3′ 17″	5 740	5 860	1 766,50	20,023	0,34957	16,1	15,5	15,7
f	3h 54	SN	2′ 54″	5 140	5 250	1 791,38	22,669	0,39028	16,0	15,6	15.7
II	Moyenne = $\frac{d + e + e + f}{4}$ =					1 774,72	21,266	0,36946	Recul = 0,260		
	Moyennes = $\frac{I + II}{2}$ =					1 761,54	21,105	0,36942	Recul = 0.260		
	4h 17	Fin de l'essai		»	»	»	»	»	16,0	15,6	15.7

Nombre de tours total pendant l'essai . . Tribord : 208 100 Bâbord : 212 7

— moyen par minute. . . — 1 734,17 — 17

— moyen pour les deux turbines : 1 753,50

243

Hélices FCM
- Nombre d'ailes par hélice. 4
- Diamètre . . . . 0^m600
- Pas. . . . . 0^m4991
- Fraction de pas moyenne par aile . . 0,110

janvier 1903.

…NOMÈTRES			PRESSION D'AIR DANS LES CHAUFFERIES	NOMBRE DE TOURS MACHINES DE SERVITUDE	OUVERTURE DES VALVES tribord et bâbord	TEMPÉRATURE		NOMBRE DE COUPS DOUBLES du cheval alimentaire par minute
…es …bord	Vide au condenseur	Réchauffeur d'alimentation				Eau d'alimentation	Dans les machines	
kg	mm	mm	mm			degrés	degrés	
,9	70	+0,7	90	260	3/8	94	27	66
,9	70	+0,75	90	275	3/8	97	28	66
,0	70	+0,75	90	265	3/8	96	27	68
,7	69	+0,75	100	240	3/8	95	28	68
,9	69	+0,70	95	250	3/8	96	27	66
,0	69	+0,75	100	270	3/8	96	28	67
,9	69	+0,75	100	265	3/8	97	28	69
,2	69	+0,80	100	265	3/8	97	27	67
,9	71	+0,80	100	265	3/8	96	27	66

Avance moyenne par tour : 0^m36942

$$\text{Vitesse} = \frac{1\,753,5 \times 0,36942}{30,84} = 21''004$$

OBSERVATIONS

Durée de l'essai : 2 heures.

Consommation de charbon :

- Totale. . . . . . 3280 kg
- Par heure 1640
- Par heure et par mètre carré de grille 392,35
- Par mille à 21''004 78,08

Consommation d'huile :

- Olive. . . . . 18 kg
- Minérale 6

Le fonctionnement général a été très satisfaisant.

TORPILL[E]

Tirants d'eau
- AV 1m 125
- AR 1m 355
- Moyen 1m 240
- Différence 0m 230

Essai du 17 septem[bre]

HEURES DES OBSERVATIONS	DIRECTION DES BASES	DURÉE DES PARCOURS	NOMBRE DE TOURS AUX COMPTEURS Tribord	NOMBRE DE TOURS AUX COMPTEURS Bâbord	NOMBRE DE TOURS MOYEN par minute	VITESSE en NOEUDS	AVANCE par TOUR	PRESSIONS D[E] Alimentation	PRESSIONS CHAUDIÈRES AV	PRESSIONS CHAUDIÈRES AR
								kg	kg	kg
2h 57	DA	5'48"	6 870	7 100	1 204,3	14,054	0,3602	14,8	13,8	14,3
3h 12	AD	5'29"	6 640	6 820	1 224,6	14,866	0,3747	14,6	13,9	14,1
	Moyenne.				1 214,4	14,460	0,36745	Recul = 0,3[illegible]		
3h 30	DA	4'54"	7 000	7 300	1 459,1	16,635	0,3519	14,3	14,0	14,0
3h 40	AD	4'54"	7 090	7 410	1 479,5	16,635	0,3470	14,8	14,0	14,3
	Moyenne.				1 469,3	16,635	0,34945	Recul = 0,3[illegible]		
3h 56	DA	4'21"	7 300	7 760	1 731,0	18,739	0,3341	14,6	14,0	14,1
4h 08	AD	4'31"	7 680	8 160	1 753,5	18,047	0,3177	15,1	14,5	14,6
4h 20	DA	4'15"	7 230	7 680	1 754,1	19,180	0,3375	15,1	14,5	14,0
	Moyenne.				1 748,0	18,503	0,3267	Recul = 0,3462		
4h 33	AD	4'18"	8 340	8 760	1 984,9	18,957	0,2948	16,6	16,0	16,1
4h 43	DA	3'55"	7 630	8 000	1 995,3	20,812	0,3219	16,0	15,5	15,7
4h 55	AD	4'18"	8 480	8 940	2 025,5	18,957	0,2888	15,9	15,4	15,2
	Moyenne.				2 000,2	19,8845	0,3068	Recul = 0,3[illegible]		

43

Hélices FCM modifiées

Nombre d'ailes par hélice.	4
Diamètre	0m 600
Pas.	0m 4997
Fraction de pas moyenne par aile . .	0,1106

AV et M en place).

…OMÈTRES … au condenseur	…OMÈTRES Réchauffeur d'alimentation	PRESSION D'AIR DANS LES CHAUFFERIES	NOMBRE DE TOURS MACHINES DE SERVITUDE	OUVERTURE DES VALVES tribord et bâbord	TEMPÉRATURE DE L'EAU d'alimentation	NOMBRE DE COUPS DOUBLES du cheval alimentaire par minute	OBSERVATIONS
mm	mm	mm			degrés		
68	— 300	25	242	1/8	87	40	
68,5	— 200	20	226	1/8	87	40	Mise en route de la machine de servitude à 1h 55.
							Balancé les turbines à 2h 10.
							Sorti à 2h 30.
68,5	+ 100	35	240	1/4	94	40	
68,5	+ 100	35	242	1/4	94,5	40	Rentré à 5h 20.
							État de la mer : belle.
							Vent faible entre E et S.
68	+ 400	60	250	1/3	98,3	52	Pression barométrique :
68	+ 400	60	252	1/3	97,5	56	770 mm.
68	+ 400	70	252	1/3	99	56	Huile d'olive : 28 l.
							Huile minérale : 4 l.
67	+ 800	90	280	3/8	101	60	
67	+ 700	100	280	3/8	100	60	Le fonctionnement général a été très satisfaisant.
67	+ 800	90	280	3/8	99	60	

obligé à les incliner fortement ; l'inclinaison n'est pas moins de 11 degrés.

Chaque arbre porte trois hélices ; il est maintenu par des supports fixés à la coque, supports assez longs et d'une résistance qui ne peut pas être négligeable.

La figure 23 *(Pl. 67)* montre l'arrière de ce torpilleur avec ses hélices.

On voit ainsi que les conditions d'établissement ont été très défavorables ; la forte inclinaison des arbres a rendu le rendement des hélices tout à fait défectueux, comme on l'a reconnu par différents essais prolongés.

Quant aux turbines, elles fonctionnent d'une manière très satisfaisante, comme l'ont constaté tous les procès-verbaux d'essais.

Nous donnons, ci-dessus, copie de deux de ces procès-verbaux, où l'on voit les différentes allures obtenues avec diverses pressions, et tous les renseignements nécessaires pour pouvoir juger de la qualité des hélices employées.

Les deux turbines sont d'une puissance nominale de 900 ch. complètement indépendantes l'une de l'autre ; elles renferment, du côté de l'échappement, une seule roue mobile pour la marche arrière, qui est, par conséquent, volontairement sacrifiée.

La vitesse obtenue, dans les meilleures conditions, a dépassé légèrement 21 nœuds, tandis que l'on aurait dû atteindre environ 24 nœuds, si les hélices avaient donné le même rendement que celles à marche lente employée sur les machines à piston.

On a beaucoup modifié le tracé de ces hélices dont on a essayé un grand nombre, à raison de 1, 2 ou 3 par arbre, avec des rapports très variables du pas au diamètre et des résistances également très variables.

La conclusion générale que l'on peut tirer de ces essais est qu'il est indispensable de supprimer l'inclinaison des arbres et de construire la coque du bateau pour l'approprier complètement à la propulsion par turbines.

Le modèle de turbine employé, le premier type imaginé par l'inventeur, était à paliers intérieurs ; un joint d'huile sous pression avait été placé à l'endroit où l'arbre traverse le fond de la turbine du côté de la basse pression.

Un inconvénient de détail a donné lieu à quelques ennuis, le joint empêchant les rentrées d'air, mais occasionnant un entraînement d'huile au condenseur.

A l'aide d'un nouveau système, entièrement étanche, il est de-

venu possible de supprimer le palier basse pression du corps même de la turbine et de corriger complètement l'inconvénient signalé.

Ces détails ne paraissent pas inutiles, car il a couru bien des légendes sur les essais prolongés du torpilleur 243, qu'on a voulu attribuer quelquefois au mauvais fonctionnement des turbines.

Les essais ont été poursuivis pendant les années 1902 et 1903, et ils seront prochainement terminés. La marine française, en effet, a voulu se rendre compte, d'une manière aussi complète que possible, des difficultés du problème des hélices à grande vitesse et des moyens de le résoudre.

A l'heure actuelle, on n'a pas essayé moins de sept systèmes d'hélices, qui ont été dessinées par divers spécialistes, et réparties par groupements variés.

La figure 24 *(Pl. 67)* représente, en marche, le torpilleur 243.

« Libellule »

Un autre bâtiment, d'un moindre tonnage, une vedette-torpilleur, a été construit pour la marine française et muni d'une turbine Rateau ; cette turbine a deux corps, au lieu d'un seul, comme la machine du 243 ; elle est d'une puissance analogue.

Ce bâtiment n'a qu'un seul arbre. Les essais n'ont pu encore être entrepris, les chaudières, d'un système nouveau, qu'on doit employer pour la première fois sur la *Libellule* n'ayant point encore terminé leurs essais.

Bateau de MM. Yarrow et C[ie].

MM. Yarrow et C[ie] ont construit récemment un bateau léger, du même type que le *Tarantula*, construit par le même chantier, et pourvu, comme on sait, d'une turbine Parsons.

Ce type de bâtiment, à l'exception du système propulseur, est identique aux torpilleurs de première classe de la marine britannique. Son déplacement est de 140 tonneaux et sa longueur de 46 mètres.

Les chaudières, du type Yarrow, bien connu, permettent d'atteindre, avec une machine à piston, une vitesse d'environ 27 nœuds.

Le bateau est muni de trois arbres porte-hélices ; l'arbre central est actionné par une machine à piston d'une puissance

effective de 250 chevaux, machine entièrement indépendante des turbines.

Les arbres latéraux sont disposés pour recevoir, soit une, soit deux hélices, et actionnés par une turbine à deux corps disposés en cascade.

La combinaison d'une machine à piston et de turbines, adoptée par MM. Yarrow et Cie, avait été indiquée préalablement par M. Soliani, directeur des Chantiers Ansaldo. Cette combinaison peut se faire, d'ailleurs, de plusieurs manières.

M. Rateau a indiqué le moyen de réunir la machine à piston avec les turbines, en faisant son échappement, soit dans le corps à haute pression, soit dans le corps à basse pression, suivant les cas.

Sans entrer dans le détail des résultats obtenus aux essais, on a constaté que la vitesse de rotation des turbines a atteint jusqu'à 2000 tours (elle était calculée pour 1500 tours), et que la puissance a dépassé 2000 chevaux avec une consommation d'un peu plus de 4 kilogrammes par cheval.

La vitesse maxima atteinte, dans les diverses expériences qui ont eu lieu à partir du mois d'octobre dernier, a été de 26 nœuds 1/4. On a essayé, d'ailleurs, plusieurs hélices différentes à raison d'une ou deux par arbre.

L'avis des ingénieurs de M. Yarrow est qu'il ne serait peut-être pas impossible d'atteindre, sinon 27 nœuds, comme avec la machine à piston, du moins une vitesse peu différente.

Au point de vue du fonctionnement, la turbine Rateau sur le bâtiment de Yarrow, comme sur le 243, s'est montrée une excellente machine.

Aucun accident ne s'est produit, ni rupture d'aile, ni coincement, ni vibrations, et, dès maintenant, on peut considérer que la turbine multicellulaire ne le cède en rien à aucun système connu pour son emploi à bord des navires.

La figure 25 *(Pl. 67)* représente une vue générale du bâtiment construit par MM. Yarrow et Cie.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, nous avons donné, dans ce travail, une classification générale des divers systèmes de turbines à vapeur, classification dans laquelle nous avons englobé, non seulement les systèmes actuellement connus et employés dans la pratique, mais même

ceux que l'on pourrait combiner par l'application des principes généraux de la mécanique à ce genre de machine.

Nous avons indiqué la place qu'occupait, dans cette classification, la turbine Rateau, et il en est ressorti immédiatement les avantages du système d'action multicellulaire.

Nous avons ensuite examiné la question du rendement des turbines, en analysant les divers éléments dont il dépend, c'est-à-dire, tout d'abord, le rendement hydraulique, les pertes qu'occasionnent les fuites de vapeur, les frottements et les tourbillonnements.

Nous avons ensuite appliqué cette analyse à la comparaison des deux turbines d'action : la turbine multicellulaire à pressions étagées et la turbine à groupes de roues à vitesses étagées.

Cette discussion a fait ressortir, d'une manière complète, la supériorité de rendement de la première combinaison.

Nous avons également examiné diverses combinaisons proposées récemment, comme système nouveau, et leur valeur au point de vue du rendement et du fonctionnement.

La seconde partie de notre travail a eu pour but d'exposer les applications des turbines Rateau, tout d'abord aux génératrices d'électricité, puis aux turbo-pompes, aux turbo-ventilateurs, à l'utilisation des vapeurs d'échappement, et enfin à la propulsion des navires.

Nous espérons que cette revue, parfois sommaire, suffira néanmoins pour montrer l'intérêt général qui s'attache au système imaginé par M. Rateau, intérêt d'autant plus grand que cet ingénieur a su créer les méthodes nécessaires pour calculer les turbines dans toutes les conditions variées de leur emploi, avec une rigueur que les exemples précédents ont fait ressortir, et qui n'est même pas obtenue avec les machines à piston.

Il nous paraît utile de faire remarquer, en terminant, que si l'honneur de la première turbine industrielle revient à l'Angleterre, dans la personne de M. Parsons, les travaux de M. Rateau et de la maison Sautter, Harlé et C[ie] assurent, néanmoins, pour leur part, à notre pays, une place marquée dans le développement de ce nouveau moteur à vapeur.

CHRONIQUE

N° 292.

SOMMAIRE. — Le pont en maçonnerie de Plauen. — Les nouveaux paquebots transatlantiques Cunard. — Distribution d'eau de mer pour service d'incendie à Philadelphie. — Train automobile d'incendie de Hanovre. — Explosions dans des conduites d'air comprimé de mines. — Conservation du charbon sous l'eau.

Le pont en maçonnerie de Plauen. — Il paraît résulter, de faits déjà assez nombreux, qu'on ne craint plus, aujourd'hui, de recourir à l'emploi de la maçonnerie pour des portées auxquelles on n'aurait pas songé autrefois. Le pont-aqueduc de Cabin John, aux États-Unis, avec son ouverture de 67 m, a été longtemps sans rival (1). Le pont de Luxembourg, avec une arche de 84,50 m l'a dépassé, et il se trouve luimême relégué au second rang par le pont de Plauen, dont l'ouverture est de 90 m.

Ce dernier ouvrage est destiné à donner passage à une route pour relier deux parties de la ville de Plauen, en Saxe, séparées par une vallée étroite qui, faisant elle-même partie de la cité, ne se prêtait pas à l'établissement de supports intermédiaires ; c'est ainsi qu'on a été conduit à faire le pont avec une seule ouverture de grande portée. L'ouvrage porte une chaussée au milieu, deux voies pour tramways et deux trottoirs, formant ensemble une largeur totale de 19 m.

L'arche est décrite au moyen d'une courbe à cinq centres, dont les rayons sont respectivement 105, 58,50 et 30,10 m. L'intrados à la clé se trouve à 18 m au-dessus des naissances, où l'ouverture est de 90 m, de sorte que le rapport de la portée à la flèche est exactement de 5. L'arc qui forme la voûte est composé de deux parties : la partie inférieure, divisée elle-même en deux, dont chacune tient à une culée; celles-ci ont 11,50 m de hauteur et sont distantes l'une de l'autre, à la partie supérieure, de 65 m; l'arc supérieur a 6,50 m de flèche, 2 m d'épaisseur aux naissances ou points de contact avec les parties inférieures, et 1,50 m à la clé. Les culées sont évidées par de nombreuses ouvertures circulaires ou à peu près, de 4,50 m environ de diamètre, et l'une d'elles contient, à son extrémité, un passage voûté de 14 m d'ouverture.

Les ouvertures dont il vient d'être question sont toutes pratiquées dans la partie de la construction inférieure, au niveau où commence l'arc supérieur. La partie entre ce niveau et le couronnement est garnie par des voûtes de 2 m de portée reposant sur des piliers. Ces voûtes forment tympan sur les deux côtés; dans la partie centrale, c'est-à-dire au-dessus de l'arc supérieur, il existe une série de six voûtes longitudinales, pour alléger la construction. Les retombées des arcs et la base des massifs des culées reposent directement sur le rocher. La chaussée

(1) Nous avons donné, dans la Chronique de septembre 1903, page 283, la liste des ponts présentant des ouvertures de 50 mètres et plus.

n'est pas disposée horizontalement, elle monte des deux côtés, avec une déclivité de 4 0/00 jusqu'au milieu.

On a employé comme matériaux, dans la construction, une pierre schisteuse, très dure, qui se trouve dans le voisinage; pour certaines parties en évidence, du granit de Bavière, et, pour tout l'ouvrage, du ciment Portland de fabrication allemande.

Les calculs de résistance ont été faits en admettant une pression maxima de 70 kg par centimètre carré dans la maçonnerie, et une charge de 24 kg pour la même unité sur les fondations.

On sait qu'on introduit aujourd'hui, dans beaucoup de grands ponts en maçonnerie, des articulations, dont la présence a l'avantage d'obliger la courbe des pressions à passer par des points donnés, généralement le milieu des joints à la clé et aux naissances. On n'a pas recouru à ces artifices au pont de Plauen; on a pensé qu'avec le poids énorme de la voûte, le frottement empêcherait les joints articulés de fonctionner d'après les indications théoriques. Il est d'ailleurs possible de calculer les éléments du pont, de manière à faire passer la courbe des pressions par des points convenables pour éviter des pressions excessives. En fait, la voûte ne s'est abaissée au décintrement que de 2,5 cm à la clé, taux absolument insignifiant pour une portée de 90 m, la voûte pesant près de 12 000 t.

Nous avons dit que la maçonnerie reposait directement sur le roc; c'est une roche volcanique très dure, qu'on trouve à 1,50 à 1,80 m au-dessous du niveau du sol; on l'a taillée en redan pour prévenir tout glissement des fondations. La seule difficulté a été dans la rencontre de vieux travaux de mines. On les a remplis de béton et, pour plus de sécurité, on a jugé prudent de recouvrir l'emplacement d'un grillage de fers à double T de 0,45 m de hauteur.

Un point très délicat a été la construction et le montage des cintres qui devaient, en l'absence d'articulations dans la voûte, posséder une grande rigidité. Ces cintres ont été établis avec beaucoup de soin, et on y a employé des bois de très bonne qualité, qui ont été amenés à grands frais de Bohême et de Styrie. Les échafaudages ont absorbé 1 600 m^3 de bois, 2 000 m^2 de planches et 15 000 clous d'acier. Pour assurer leur point d'appui, on a creusé des tranchées de 20 m de longueur et de 4,50 m de largeur, descendant jusqu'au terrain solide, le rocher, qu'on a remplies de béton, en y noyant des planches de sapin sur lesquelles portaient les montants des échafaudages; ceux-ci étaient à trois étages, avec interposition de coins en chêne entre le second et le troisième.

Pour opérer la pose de la voûte, on recouvrait d'abord la surface des couchis de mortier, et on en garnissait également la face intérieure des rebords limitant de chaque côté la largeur de la voûte; on posait les blocs équarris, formant voussoirs, et, leurs faces latérales étant striées préalablement, on garnissait ces faces de mortier. Ce mortier, après sa prise, donne à la maçonnerie l'apparence de pierre de taille, et constitue une protection contre les intempéries, qui agissent toujours, même sur les meilleurs matériaux.

Le pont de Plauen a été commencé en mai 1903; la pose de la voûte

a été terminée en novembre dernier, et on pense livrer l'ouvrage à la circulation l'été prochain. La dépense s'élèvera à 625 000 f, prix peu élevé si on le compare à celui du pont de Luxembourg, sur la Pétrusse, qui a coûté 1 500 000 f.

Les constructeurs et auteurs du projet sont la maison Liebold et Cie, de Langenbruck, en Saxe, qui viennent également de terminer un pont de 60 m d'ouverture sur la Mulde, à Gœhren, en Saxe, pont qui a été inauguré en novembre dernier.

Les nouveaux paquebots transatlantiques Cunard. — Nous avons dit un mot, dans la Chronique de décembre 1902, page 838, des nouveaux paquebots que la Compagnie Cunard devait mettre en construction pour reprendre la suprématie de la vitesse des traversées transatlantiques, passée depuis plusieurs années entre les mains des Compagnies allemandes de navigation. La question est restée plus d'un an sans solution, et le monde maritime vient d'apprendre tout récemment, non sans quelque étonnement, que la Compagnie anglaise s'était décidée à munir ses deux nouveaux paquebots de moteurs à turbines.

Avant d'entrer dans quelques détails au sujet de cette solution, il nous paraît intéressant de parler d'un point qui a seul permis de réaliser la construction de ces énormes navires, c'est-à-dire la subvention du Gouvernement anglais. Nous ne croyons pouvoir mieux faire que de reproduire le chapitre, relatif à cette question, du discours d'installation de Sir William H. White, comme Président de l'Institution of Civil Engineers, discours prononcé le 3 novembre dernier.

Disons en passant que cette adresse, émanant d'une autorité si éminente en fait de questions maritimes, peut être considérée comme une sorte de traité sur ces matières; le mot ne paraîtra pas exagéré si on tient compte de ce que ce discours n'occupe pas moins de cent soixante-huit pages des *Transactions*.

Jusqu'en 1898, l'Angleterre eut une avance incontestable, quant à la vitesse et à la grandeur des paquebots-postes. En 1887, le Gouvernement conclut, avec les compagnie de navigation, des contrats relatifs aux subventions et à l'armement, comme croiseurs auxiliaires, d'un nombre considérable de ces navires, et ce système est toujours en vigueur, bien qu'il ait été annoncé, dans la dernière session du Parlement, qu'il devait subir quelques modifications. Cette subvention est indépendante des sommes payées pour le transport des malles et vise ce qu'on appelle les *Reserve Merchant Cruisers*.

Les prévisions de la Marine, pour cette année, font figurer à ce chapitre une somme de 2 millions de francs en nombre rond, répartis sur une vingtaine de navires et, moyennant cette indemnité, assurément modérée, les Compagnies de navigation s'engagent à mettre à toute réquisition les navires objets de cette subvention à la disposition de la nation, et en plus, à y ajouter, sans aucune indemnité, trente et un autres navires. Si on considère la valeur pécuniaire de cette flotte considérable, et le coût de son entretien, on doit trouver le montant de la subvention bien insignifiant, et bien peu propre à venir sérieusement en aide au succès commercial de ces entreprises. Il y a des raisons de croire que

les armateurs d'autres pays ont dû trouver une aide plus substantielle et que, par exemple, la création en Allemagne, depuis 1897, de quatre paquebots transatlantiques surpassant en vitesse tous les navires anglais, n'a pas eu pour unique objet le désir de réaliser des avantages commerciaux, mais aussi celui d'assurer à la marine militaire, en temps de guerre, d'utiles auxiliaires.

Cet exemple est loin d'être unique : toutes les marines des pays importants comptent sur l'emploi de navires marchands susceptibles de réaliser de grandes vitesses, comme croiseurs auxiliaires, bien qu'on puisse différer d'opinion sur la valeur véritable de ces additions aux flottes de guerre.

Dans la guerre hispano-américaine, les grands paquebots des États-Unis ont fait un très bon service. Mais, lors même que la question ne pourrait être résolue uniquement d'après des considérations commerciales, il est bien évident qu'on ne peut s'attendre à voir des Compagnies privées continuer à s'imposer des sacrifices sans compensation suffisante, lorsqu'elles verront leurs concurrents étrangers recevoir de larges encouragements de l'État pour la construction de navires rapides et coûteux.

On ne se rend pas toujours bien compte de ce que coûte l'accroissement de la vitesse. En 1874, le *Germanic* et le *Britannic*, de la White Star Line, coûtaient chacun environ 5 millions de francs, et donnaient des vitesses de 15 nœuds. Le *Germanic* a, plus tard, reçu de nouvelles machines et chaudières, au prix de 2 500 000 f ; il a fait, en octobre dernier, sa dernière traversée entre Liverpool et New-York.

En 1889, une vitesse moyenne de 20 nœuds entraînait une dépense de construction de 8 à 10 millions de francs. Cinq ans après, les chiffres correspondants étaient 22 nœuds et 12,5 à 13,75 millions.

En 1899, l'*Oceanic* a coûté 17,5 millions. On ne connaît pas le prix des navires plus récents, mais le *Mercantile Cruisers Comittee* de 1902 estime, à la suite d'une enquête approfondie, qu'un paquebot de 23 nœuds doit coûter 14,5 millions, un de 24 nœuds, 21 millions, et un de 25 nœuds, 25 millions. L'auteur estime que ces chiffres sont plutôt un peu bas, et que la *Deutschland* et le *Kaiser Wilhelm II*, avec leurs 23 et 23,5 nœuds ont du coûter : le premier 17,5, et le second 20 millions de francs. On voit que le passage de 15 à 20 nœuds a amené un accroissement de coût d'établissement de 80 0/0, et celui de 20 à 23 1/2 nœuds, un de 100 à 120 0/0.

La progression s'accroît à mesure que la vitesse augmente; c'est le cas de dire que, dans la navigation par la vapeur, *c'est le dernier pas qui coûte* (1). Il n'est donc pas étonnant que le *Mercantile Cruisers Comittee*, en présence de ces faits, soit arrivé à conclure qu'il était nécessaire de subventionner les Compagnies pour les indemniser des pertes que leur ferait subir la mise en marche, en temps de paix, de navires aussi coûteux d'achat et de service. La Commission proposa, en conséquence, l'allocation de subventions annuelles, sur les bases de 2,6 0/0 sur le prix de construction pour les navires de 20 nœuds et de 19 0/0 pour les

(1) Ces mots sont en français dans le discours de Sir William White.

navires de 25; cela ferait environ 8,6 0/0 pour les navires de 23 nœuds. Le chiffre relatif à 20 nœuds correspond avec celui du contrat actuellement en vigueur, mais, dans ce contrat, la limite supérieure à allouer à un navire est de 250 000 f par an, et les paquebots de 22 nœuds reçoivent cette subvention, bien que la Commission propose de leur allouer un million.

Après une enquête minutieuse et la prise en considération du rapport du *Mercantile Cruisers Comittee*, le Gouvernement anglais décida de prendre des mesures pour assurer à la marine marchande britannique la suprématie dans la vitesse sur toutes les autres marines. Il conclut, en juillet 1903, un accord avec la Compagnie Cunard, accord d'après lequel celle-ci s'engageait à construire deux paquebots « capables de maintenir une vitesse moyenne minima de 24 à 25 nœuds par temps modéré », et de subir toute épreuve requise par l'Amirauté pour constater que les navires conservent cette qualité. Si la vitesse moyenne tombe au-dessous du chiffre de 24 1/2 nœuds, la subvention subit une réduction. L'accord est fait pour une période de vingt années à partir du premier voyage du second des deux navires. Il contient encore d'autres articles qui assurent au Gouvernement certains pouvoirs sur l'ensemble de la flotte de la Compagnie, etc., articles dans le détail desquels il n'est pas nécessaire d'entrer ici.

Au point de vue technique, les faits importants sont les suivants : 1° la vitesse minima par temps modéré ne doit pas être inférieure à 24 1/2 nœuds, soit 1 1/2 au-dessus de celle des paquebots transatlantiques les plus rapides actuellement en service; 2° que le Gouvernement anglais s'engage à avancer une somme qui ne peut dépasser 65 millions de francs, avec taux d'intérêt de 2,75 0/0, laquelle somme doit être remboursée par paiements annuels égaux à un vingtième de la somme totale; 3° que la Compagnie Cunard recevra une subvention annuelle de 3 750 000 f.

Cet arrangement a été sanctionné par le Parlement, et ses termes ont été presque unanimement approuvés comme étant avantageux pour la défense nationale et pour les intérêts de la marine britannique.

Ce qui a été exposé précédemment permet d'apprécier l'importance et la difficulté du problème consistant à établir des navires capables de dépasser de 1 1/4 à 1 1/2 nœud la vitesse des paquebots les plus rapides existant actuellement. On a vu que le contrat prévoit une dépense possible de 32 500 000 f pour chaque navire, soit probablement 12,5 millions de plus que ce qui a été dépensé jusqu'ici pour la construction du paquebot le plus coûteux, et chiffre sensiblement égal au coût des plus gros navires cuirassés.

Jusqu'ici (novembre 1903), les détails n'ont pas encore été arrêtés, bien que la question ait été étudiée par la Compagnie Cunard et les maisons de construction les plus importantes qu'elle a consultées. Naturellement, le choix des dimensions et formes les plus convenables, pour assurer l'économie de force motrice et la tenue à la mer, doit faire l'objet d'une étude préalable. La solidité de la coque, sans l'emploi d'un poids exagéré de matériaux, est une autre question non moins importante, et pour laquelle on ne possède pas de précédents suffisamment

rapprochés. Quant à l'appareil moteur, la formidable puissance nécessaire pour assurer la vitesse très considérable prescrite donne lieu à un problème des plus ardus.

Une Commission, nommée par la Compagnie, s'occupe d'examiner si l'emploi de turbines à vapeur, au lieu de machines alternatives, ne serait pas une solution avantageuse. La construction de ces nouveaux navires soulève, en outre, une foule de questions qui doivent faire l'examen d'études spéciales et approfondies. Rien ne devra, évidemment, être négligé pour assurer la réussite à tous les points de vue.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que la Compagnie Cunard a commencé, il y a actuellement soixante-trois ans, son service transatlantique avec quatre paquebots à roues, du type *Britannia*, de 63 m de longueur et 1 140 tx de jauge brute; avec machines à basse pression développant 750 ch indiqués, le poids de combustible brûlé par vingt-quatre heures était de 40 tx. Ces bateaux tiraient 5,30 m d'eau, portaient 90 voyageurs et 225 tx de marchandises; la vitesse était de 8,5 nœuds. Il suffit de comparer ces dimensions à celles des navires projetés pour apprécier le chemin que la navigation transatlantique a fait depuis 1840.

Il ne semble pas que l'accord réglant les subventions à allouer à la Compagnie pour lui permettre de construire les nouveaux navires ait été approuvé d'une manière unanime, car il a soulevé des oppositions assez vives, si nous en croyons les observations suivantes contenues dans un article d'un journal américain, l'*Iron Age*, paru quelques jours après le discours de Sir William White.

« Cet accord ne semble pas avoir été accueilli d'une manière unanimement favorable par le public, et beaucoup de personnes faisant partie des cercles maritimes pensent qu'il n'est avantageux qu'à la Compagnie Cunard et pas du tout à la marine. On sait, en effet, que les croiseurs non protégés n'ont qu'une valeur défensive très faible, étant à la merci des torpilleurs et destroyers des types les plus récents. De plus, la vitesse des croiseurs et même des cuirassés étrangers récents se rapproche tellement de celle des futurs paquebots Cunard, que la différence est insuffisante pour les empêcher d'être capturés par les premiers. Les opposants aux subventions allèguent que les services qu'on attend de ces paquebots employés comme croiseurs auxiliaires peuvent être obtenus à bien moins de frais par des navires de guerre actuellement en construction et qui seront mis prochainement en service. On peut se demander très sérieusement si les charges de ces énormes subventions auront pour le pays d'autre compensation qu'une pure satisfaction d'amour-propre ». Les subventions étant votées aujourd'hui, ce n'est plus que de l'histoire ancienne.

La question des turbines a été également résolue affirmativement, comme nous l'avons vu au début de cet article. La Commission chargée de l'étude se composait de : M. James Bain, directeur maritime de la Compagnie Cunard, amiral H. J. Oram, Ingénieur en chef adjoint de la marine royale, M. J. T. Milton, Ingénieur en chef du Lloyd, M. H. J. Brock, de la maison Denny frères, de Dumbarton, qui a construit la plupart des navires à turbines déjà en service; à ces membres étaient

adjoints les représentants des constructeurs des nouveaux navires (1), M. J. Bell, ingénieur, directeur de la maison John Brown et Cie, Sir William White, auteur du discours dont nous avons cité plus haut un important passage, représentant MM. Swan et Hunter, de Newcastle, et M. A. Laing, directeur de la Wallsend Engineering Company.

Nous avons dit plus haut que la publication du rapport de la Commission avait produit un peu d'étonnement dans le monde de la navigation ; ce n'est pas au point de vue de l'adoption des moteurs à turbine eux-mêmes, mais à celui des arguments donnés pour justifier ce choix. On invoque généralement, en effet, en faveur de ces moteurs, une économie sérieuse de poids par rapport aux moteurs alternatifs. Or, les appareils moteurs des nouveaux navires devant développer au moins 70 000 ch pour leur assurer une vitesse de 25 milles marins à l'heure, la Commission estime que la réduction de poids amenée par l'emploi des turbines sera seulement de 3 0/0 et encore elle engage la Compagnie Cunard à ne pas compter employer ces 3 0/0 à augmenter la capacité de chargement, mais à les utiliser pour accroître la puissance mécanique. On explique en partie cette minime réduction par le nombre relativement faible de tours que feront les turbines, 140 seulement, par rapport aux vitesses de 300 à 500 par minute, auxquelles se meuvent les arbres d'hélice des navires à turbines déjà construits.

Les expériences auxquelles s'est livrée la Commission sur des navires déjà en service n'a fait constater qu'une économie de combustible de 2 0/0, économie inférieure à celle qu'on a obtenue dans des installations à terre.

On a, paraît-il, paré aux objections basées sur la difficulté de renverser la marche du navire avec les turbines d'une manière ingénieuse. Il y aura quatre arbres porte-hélices. Ce sera le premier cas d'emploi de quatre arbres sur un navire anglais ; ce nombre se rencontre sur le *Lubeck*, de la marine allemande, récemment lancé des chantiers du *Vulcan*, à Stettin. Chacun des arbres extérieurs sera mû par une turbine à haute pression travaillant seulement dans la marche en avant. Chacun des arbres placés plus près de l'axe longitudinal du navire sera mû, pour la marche en avant, par une turbine à basse pression et, pour la marche en arrière, par une autre turbine ne servant que dans ce cas. Il y aura donc six turbines sur les quatre arbres, dont quatre pour marcher en avant et deux pour marcher en arrière. L'emploi de quatre arbres a été jugé indispensable, parce que trois, pour une puissance normale de 65 000 ch, pouvant être portés à 72 000 en cas de mauvais temps, auraient eu à transmettre chacun de 20 à 24 000 ch, tandis que l'emploi de quatre, réduisant le travail de chacun à 18 000 ch, permet de ne pas dépasser le taux déjà atteint sur plusieurs navires.

Les dimensions définitivement adoptées pour les nouveaux paquebots qui recevront les noms de *Caronia* et *Carmania* sont : longueur, 231,80 m ; largeur, 26,84 m ; déplacement, 32 000 tx ; la vapeur sera four-

(1) On remarquera que les grands chantiers d'Écosse et d'Irlande, qui ont fourni les transatlantiques les plus renommés, ne figurent pas parmi ces constructeurs.

nie par des chaudières cylindriques marchant au tirage forcé; on compte sur une dépense de combustible de 1 000 t par vingt-quatre heures, ce qui correspond à 0,60 kg par cheval-heure.

Si on paraît peu compter sur les avantages au point de vue de la réduction du poids et de la consommation de combustible, on espère gagner quelque chose sous le rapport de la réduction du personnel de la machine proprement dite et de la facilité des manœuvres de celle-ci, car il n'y aura rien à attendre du côté des chaudières. L'avenir dira si les avantages indiqués ici justifiaient la hardiesse de la décision de la Compagnie Cunard, laquelle parait un peu constituer un saut dans l'inconnu. On pensait généralement qu'elle attendrait le résultat de l'expérience sur une échelle considérable faite par la Compagnie Allan. On sait que celle-ci a en construction deux navires destinés à la navigation transatlantique. Ces navires ont 163 m de longueur totale, 158 m de longueur entre perpendiculaires, 18,30 m de largeur, 12,70 m de creux et un tonnage brut de 12 000 tx. Au tirant d'eau de 7,70 m, le déplacement est de 17 000 tx. La puissance indiquée sera de 11 000 ch pour une vitesse moyenne de 17 nœuds. Il y a trois arbres qui, avec la grande vitesse des turbines, peuvent être notablement plus faibles que s'ils eussent été actionnés par des machines à pistons.

Distribution d'eau de mer pour service d'incendie, à Philadelphie. — La nécessité de combattre les grands incendies, dont il n'y a que trop d'exemples dans les villes importantes des États-Unis, a fait, dans certains cas, songer à l'établissement de distributions d'eau spéciales, et le besoin d'envoyer sur le feu de très grandes masses de liquide a conduit à recourir à l'emploi d'eau de mer. Il existe à Philadelphie une installation de ce genre, sur laquelle nous croyons devoir donner quelques détails, d'après l'*Engineering Record*.

On a installé, il y a déjà quelques années, une canalisation à haute pression, composée de tuyaux de 406, 305 et 203 mm; ces tuyaux sont en fonte, avec joints à brides et joints de dilatation tous les 150 m; la pose est faite avec tous les soins nécessaires pour permettre à la canalisation de soutenir des pressions allant jusqu'à 55 atm (800 livres par pouce carré).

Sur ces tuyaux sont posées des hydrantes du modèle de la ville, ayant chacun deux prises d'eau de 102 mm de diamètre, avec un robinet-vanne distinct pour chaque prise. Il y a 4 800 m de tuyaux de 203 mm; 6 600 m de tuyaux de 305 et 2 025 m de tuyaux de 406. Le nombre des hydrantes s'élève à 166; on compte 6 robinets-vannes de 406 mm, 63 de 305 et 250 de 203, plus 220 branchements de diverses dimensions.

Les épaisseurs de tuyaux sont les suivantes : 38 mm pour les diamètres de 406; 32 pour ceux de 305, et 23 pour ceux de 203 mm. Des conditions très sévères ont été imposées pour les matières et la fabrication des tuyaux et des pièces accessoires de la canalisation. Ainsi, la fonte des tuyaux doit avoir une résistance à la traction de 14 kg par millimètre carré, et une barre de 25,4 mm de côté, posée sur deux appuis distants de 0,915 m, doit pouvoir supporter au milieu une charge de 340 kg, sans fléchir de plus de 10 mm. Les boites des robinets-vannes,

les branchements et les hydrantes sont en acier coulé devant présenter une résistance à la rupture de 28 kg par millimètre carré.

Les joints sont en toile d'une seule pièce, découpés dans un morceau carré d'étoffe, la toile et les faces des brides sont enduites de goudron de la Caroline du Nord.

Les tuyaux et les pièces accessoires sont revêtus à l'extérieur d'une couche d'un mélange de brai et d'huile, appliquée avec des précautions spéciales.

Les tuyaux reposent, à intervalles d'environ 3 m, sur des blocs de bois de sapin de 0,54 × 0,30 × 0,075 m.

On a constaté qu'avec une pression de 12,5 atm, l'eau était projetée au-dessus des plus grands édifices de la ville.

A l'origine, cette canalisation était desservie par cinq bateaux-pompes reliés aux tuyaux chacun par huit connexions de 102 mm de diamètre.

De plus, la canalisation pouvait être mise en communication au besoin avec les réservoirs de la distribution à basse pression de la ville.

Toutefois, cette disposition ne donnant pas satisfaction complète, on a établi une usine spéciale, placée sur le bord de la Delaware, et destinée à refouler l'eau de mer dans la canalisation. Cette usine comporte un bâtiment de 22 × 33,5 m, contenant dix pompes verticales à trois corps, système Deane à pistons de 292 × 305 mm, pouvant débiter chacune 4 500 l par minute, à 40 tours dans le même temps, sous une charge de 21 atm, et deux pompes du même type, à pistons de 158 × 305 mm, pouvant débiter chacune 1 300 l dans les mêmes conditions. Ces pompes peuvent fonctionner ensemble ou séparément, et refoulent toutes dans une conduite de 506 mm de diamètre.

L'eau est prise directement à la rivière par un tuyau d'aspiration de 0,915 m de diamètre.

Il n'y a encore que sept de ces pompes installées, et chacune est mue par un moteur à gaz Westinghouse à trois cylindres, de 280 ch; les petites pompes seront mues chacune par un moteur de même type, de 125 ch. Les moteurs actionnent les pompes par l'intermédiaire d'embrayages à friction, et commandent également des dynamos pour fournir le courant aux allumeurs électriques des machines, et à des compresseurs donnant de l'air sous 15 atm de pression, pour la mise en marche des moteurs principaux. L'eau de refroidissement des cylindres est prise sur la canalisation de la ville, et, en cas de besoin, sur la canalisation d'incendie.

Chaque machine a un régulateur spécial pour maintenir constante la pression du gaz.

On a choisi le type de pompe à trois corps pour régulariser le refoulement de l'eau et aussi pour avoir un effort plus égal sur l'arbre du moteur. Les arbres des pompes sont mus par l'intermédiaire de roues dentées ; comme les pompes sont verticales, il est très facile de les relier aux machines et l'espace occupé est réduit au minimum.

La pression, dans les conduites, est réglée automatiquement par un moteur électrique agissant sur une valve ; elle peut être maintenue à une pression quelconque au-dessous de 21 atmosphères, et une soupape

de sûreté l'empêche de dépasser la pression voulue. Chaque corps de pompe est distinct et peut être enlevé séparément pour le cas de réparations. Les pompes ont des soupapes de grandes dimensions, ce qui leur permettrait de marcher à des vitesses et sous des pressions supérieures à celles du cahier des charges. Les clapets sont en caoutchouc dur fait spécialement pour cet usage.

Les pompes fournies par la Deane Steam Pump Company, de Holyoke, Mass., étudiées spécialement pour le service d'incendies, sont garnies partout en bronze, de manière à n'avoir pas à craindre d'altération pendant de longues périodes de repos ; toutes les parties mobiles sont munies de moyens de serrage. Les arbres coudés et les bielles sont en acier comprimé et forgé ; les pignons en acier forgé et les roues en acier coulé ; les dentures sont taillées à la machine, de manière à fonctionner presque sans bruit.

La longueur totale des conduites décrites plus haut est d'environ 14 500 m ; le poids total des tuyaux s'élève à 2 950 000 kg, et celui des accessoires à 385 000, total 3 335 000 kg, d'une valeur de 1 950 000 f. Le bâtiment des pompes a coûté, avec le matériel, 1 250 000 f ; les grandes pompes avec leurs moteurs coûtent 110 000 f chacune, et les petites 40 000 f.

On admet que cette installation remplace, avec avantage, au moins quarante pompes à incendie et un résultat immédiat de son achèvement a été la réduction de la prime d'assurance de 0,25 0/0. Le choix qu'on a fait de moteurs à gaz paraît se justifier par l'absence de dépenses, lorsque les machines ne fonctionnent pas, la facilité et la rapidité de mise en route et la grande sécurité contre les accidents.

On a proposé aussi à New-York d'avoir recours à l'emploi d'eau de mer pour le service d'incendie, pour le lavage des voies publiques et des égouts, et pour l'enlèvement de la neige ; mais, dit un autre journal, l'*Engineering News*, il y a beaucoup d'objections à l'usage de l'eau salée ; cette eau attaque les tuyaux et les accessoires de la distribution ; on sait, en effet, que la fonte, longtemps immergée dans l'eau de mer, change de contexture et devient molle et se laisse entamer au couteau ; de plus, lorsqu'elle se trouve en contact avec d'autres métaux, tels que le plomb ou le cuivre, il se produit une action galvanique au grand dommage de ces métaux. Il est donc sage de se préoccuper d'avance de ces conditions.

Si on n'emploie l'eau de mer que pour le service d'incendie, il est possible de recourir à certaines précautions. Ainsi, on devra ne laisser dans les conduites que de l'eau douce, alimenter les pompes, pour tous les cas de feux ordinaires, avec l'eau provenant de l'aqueduc du Croton n'employer l'eau de mer que dans les incendies extraordniaires et laver la canalisation à l'eau douce après l'extinction.

Avec ces réserves, il semble que tout le monde doive être d'accord. D'une part, il n'est pas douteux que l'existence d'une canalisation d'incendie à haute pression ne soit une garantie très sérieuse contre les incendies, car le jet d'une seule hydrante représente l'effet de plusieurs pompes à incendie ; un coup de téléphone à la station centrale des pompes et l'ouverture d'un robinet suffisent pour attaquer l'incendie, tandis

qu'avec les pompes mobiles, il faut un délai pour les amener par des rues encombrées et, par mauvais temps, il peut y avoir des retards et même des obstacles à leur arrivée sur le lieu du sinistre. D'autre part, il est certain que pour de très gros incendies, la possibilité d'obtenir une alimentation d'eau illimitée d'un fleuve est une ressource qui n'est pas à dédaigner. Il semble donc que la question mérite un examen très sérieux.

Train automobile d'incendie de Hanovre. — La ville de Hanovre emploie depuis deux ans un matériel automobile d'incendie construit par la fabrique de machines et wagons anciennement Busch, à Bautzen, en collaboration avec la société des moteurs Daimler. Une notice détaillée a été publiée sur ce matériel par M. Reichel, directeur du service d'incendie, à Hanovre, et reproduite avec les figures qui l'accompagnent dans le *Praktische Maschinen Konstrukteur*, du 7 janvier 1904. Nous en donnons ici un résumé succinct.

Le train dont il s'agit se compose de trois véhicules : une voiture automobile portant une pompe à acide carbonique, une voiture pour les pompiers et les accessoires et une pompe à vapeur.

Le premier véhicule pèse 2 490 kg à vide et 4 590 kg en service; il peut porter cinq hommes et contient deux réservoirs à acide carbonique et une batterie d'accumulateurs, du poids de 1 110 kg, lesquels actionnent deux moteurs électriques pouvant imprimer au train une vitesse de 11 km à l'heure. Une lampe électrique mobile permet la manœuvre et l'inspection de tous les organes des voitures. Les tuyaux flexibles qui s'adaptent aux pompes peuvent être enroulés sur des bobines placées sur la voiture. Le châssis de celle-ci est en tubes d'acier et elle est suspendue sur les essieux de manière à amortir le plus possible les trépidations dues à la marche, surtout au point de vue de la conservation des accumulateurs ; les roues d'avant ont 0,86 m de diamètre et les roues d'arrière 1,170 m. Le véhicule a 4,60 m de longueur et 2,36 m de hauteur.

La seconde voiture peut porter sept hommes ; elle pèse 2 280 kg à vide et 4 600 kg en service ; sa longueur est de 4,80 m et sa hauteur de 2,05. Elle porte également une batterie d'accumulateurs pesant 112 kg, placée sous les banquettes latérales destinées aux pompiers ; sous le siège du conducteur, à l'avant, est une caisse à outils, et, à l'arrière, un dépôt de combustible et divers accessoires.

Le troisième véhicule, qui est la pompe à vapeur, pèse 3 440 kg à vide et 4 925 en service avec six hommes. Elle est portée sur un avant-train à petites roues, de 0,88 m, et à l'arrière sont deux roues de 1,43 m qui portent la plus grande partie de la charge. La longueur est de 4,35 m et la hauteur maxima de 2,20 m y compris la cheminée.

La chaudière est verticale et présente une surface de grille de 0,38 et une surface de chauffe de 8,68 m². La pompe à vapeur, qui fonctionne à la pression de 10 kg et peut débiter un mètre cube par minute, est placée entre le siège d'avant et la chaudière ; elle a deux cylindres à double effet. Le moteur à vapeur commande, en outre, les grandes roues de la voiture par des chaînes de Galle, de manière à pouvoir lui

imprimer une vitesse de 20 km à l'heure, au cas où on la ferait marcher seule. Il y a un frein à contre-vapeur et un frein ordinaire à sabots.

Le conducteur a à sa portée le volant de direction de la voiture, le levier de mise en marche et celui de changement de marche. Il est assisté d'un pompier qui remplit les fonctions de chauffeur.

L'eau de la chaudière est constamment entretenue à la température de 100 degrés au moyen d'un brûleur à gaz. La mise en marche de la pompe s'opère au moyen d'acide carbonique liquide contenu dans un petit récipient.

Les briquettes de charbon dont on se sert comme combustible, sont préalablement imbibées d'alcool. En dix minutes on obtient, par la combustion d'alcool pulvérisé lancé par un jet d'air, la pression nécessaire au fonctionnement de la pompe et après on se sert de charbon seul.

Les trois voitures portent, à l'avant, selon l'usage allemand, la cloche qui annonce le passage des pompes. Toutes les roues sont munies de bandages pneumatiques, système Kelly. Le départ a lieu dès la réception du signal d'avertissement; en quinze secondes l'appareil d'injection de l'alcool, dont il vient d'être question, fonctionne et, en 10 minutes, temps minimum nécessaire pour l'arrivée de la pompe sur le lieu du sinistre et la pose des tuyaux de prise d'eau, la pression est obtenue et la pompe prête à fonctionner. Quant à la pompe à acide carbonique, qui peut débiter seulement 400 l par minute, elle est, naturellement, toujours prête à entrer en fonction.

Les briquettes dont on se sert comme combustible sont faites avec du charbon de bois pour ne pas produire de fumée. On peut aussi employer du coke.

Explosions dans des conduites d'air comprimé de mine. — Le 9 avril 1902, il s'est produit dans une conduite d'air comprimé placée dans un puits de mine à la houillère d'Aberbeeg, dans le Monmouthshire, dans le Pays de Galles, une explosion qui brisa les tuyaux et fit monter dans le puits une colonne de flammes, laquelle fit quelques dégâts aux appareils de la surface et produisit une forte détonation qui répandit l'alarme dans tout le voisinage.

L'explosion s'était produite à une dizaine de mètres au-dessous de la surface et de là jusqu'au fond du puits, la conduite était plus ou moins gravement détériorée; dans quelques parties, les tuyaux avaient été déplacés d'un côté à l'autre du puits, sur 4,50 m de distance.

Le puits a 72 m de profondeur; il comporte deux recettes, l'une à 30 m du jour, et l'autre au fond. A chacune se trouve un treuil mécanique situé l'un à 10 m, l'autre à 30 m du puits; ces appareils n'ont éprouvé que des avaries insignifiantes.

Le matériel de compression se composait d'une double machine horizontale avec cylindres à vapeur de 0,56 m de diamètre et cylindres à air de 0,66, course commune 1,07 m. Ces derniers avaient, comme d'habitude, une enveloppe d'eau pour les rafraîchir. On n'avait pas relevé la température de cette eau avant l'accident, mais on l'a constatée depuis la remise en marche des machines, et elle a été trouvée de 20 à 25° C.

L'air passe des cylindres de compression à un réservoir placé à 2,50 m en arrière des machines.

Aucun dégât n'a été éprouvé par la partie de tuyautage située entre le point où la flamme a jailli dans le puits et le compresseur ; celui-ci a été un instant ébranlé par l'explosion, mais il n'a pas subi d'avaries, il marchait, à ce moment, à 28 tours par minute.

Les cylindres étaient lubrifiés avec un mélange de savon et d'eau, à raison de 0,250 kg de savon pour un litre d'eau, les tiges des soupapes étaient graissées avec de la valvoline. On employait une dizaine de litres d'eau de savon et deux de valvoline par vingt-quatre heures.

Après l'explosion, on a essayé ces lubrifiants au point de vue de leur inflammabilité ; on a trouvé que l'eau de savon prenait feu facilement à 370 degrés et difficilement à 260° C., après dessiccation sous forme de masse noire pâteuse. La valvoline a donné, dans les mêmes conditions, des températures de 150 et 175° C. On a trouvé, dans le réservoir d'air, un dépôt solide d'environ 50 mm d'épaisseur dont les températures d'inflammation ont été trouvées de 175 à 200 degrés. Ce réservoir contenait également une certaine quantité d'un dépôt liquide inflammable entre 300 et 350 degrés.

Avant l'explosion, on n'avait pas relevé la température de l'air entre le compresseur et le réservoir. On l'a fait depuis et on a trouvé un maximum de 163 et un minimum de 149° C., mais le thermomètre placé dans la conduite étant à mercure, le liquide ne tardait pas à se mettre en ébullition, des gouttelettes se projetaient dans le tube et on ne pouvait continuer les observations.

L'air comprimé servait à actionner les deux treuils mécaniques et quelques pompes du type Cameron. Le compresseur marchait à 28 tours lorsque les pompes seules fonctionnaient et à 42 tours lorsqu'on se servait des treuils. Quelque temps avant l'explosion, le feu avait pris plusieurs fois dans le réservoir, mais sans amener d'autres inconvénients que l'arrêt nécessaire pour l'éteindre.

Cet accident est loin de constituer un fait unique. On a constaté diverses explosions de ce genre dans le même district, mais beaucoup moins violentes. Toutefois, en mars 1903, il s'en est produit une à Ryhope, dans le comté de Durham, qui fit beaucoup de dégâts. A Newbattle, en Ecosse, on a constaté, dès 1888, un incendie dans le réservoir d'air, mais heureusement sans explosion. A la houillère de Clifton, dans le Nottinghamshire, une explosion a eu lieu en mai 1897 dans un compresseur. Ces divers accidents ont fait, à leur époque, l'objet de communications aux Sociétés d'Ingénieurs.

Quant à la cause de ces explosions, il n'est guère douteux qu'elles ne soient dues à la production de vapeurs dégagées par les matières employées pour la lubrification des compresseurs et par les dépôts solides trouvés dans les réservoirs d'air. Mais comment ces vapeurs éminemment inflammables prennent-elles feu ? Voici les considérations qu'on peut présenter à ce sujet :

A l'occasion de l'explosion de Ryhope, on a constaté que le dépôt trouvé dans les conduits et dans le réservoir d'air était un mélange de poussière de charbon et de la matière grasse provenant des cylindres

du compresseur; en somme, c'était un composé de charbon et d'huile minérale, de savon et d'eau. Le professeur Bodson, du College of Science de Durham, a reconnu que le charbon en poussière s'enflammait à une température de 144° C. lorsqu'on le chauffait dans un courant d'air à la pression atmosphérique. Sous une pression de 4 1/2 kg par centimètre carré, la température d'ignition est la même que sous la pression atmosphérique; mais la combustion produit beaucoup plus de chaleur et on peut supposer que, sous cette pression plus élevée, le dépôt formé de charbon, d'huile minérale, etc., a pu prendre feu d'une manière analogue au charbon en poussière dans les expériences dont il vient d'être question.

Au sujet de l'explosion de la houillère de Clifton, on a dit que la température de l'air comprimé avait pu s'élever, pour une raison ou une autre, au-dessus de celle d'inflammation de l'huile et déterminer cette inflammation. Dans les notes publiées à ce propos, il a été indiqué que si le cylindre compresseur contient de l'air chaud à la fin de la course, cet air peut élever la température de l'air aspiré en se mélangeant avec lui et la compression produira une température de l'air plus élevée que s'il ne fût pas resté d'air chaud à la fin de la course; on a émis également la supposition qu'une fuite des clapets de refoulement pouvait ramener de même de l'air chaud dans le cylindre lors de l'aspiration et produire le même résultat; enfin, que l'ouverture insuffisante d'une de ces soupapes pouvait accroître la pression et la température de l'air comprimé. Quant à l'inflammation, on l'a attribuée à la présence d'une étincelle produite par le frottement d'un piston mal graissé et travaillant à sec ou à la combustion spontanée du dépôt trouvé dans le réservoir d'air et dont l'épaisseur, on se le rappelle, n'était pas moindre de 40 à 50 mm.

Au sujet de l'incendie du réservoir d'air de la houillère de Newbattle, on a constaté que des étincelles avaient été vues sortant des joints d'un des tuyaux près du réservoir et que la conduite était presque rouge. Les joints étaient faits en caoutchouc et on les a trouvés à peu pres carbonisés. On a supposé que le feu avait pris par la volatilisation de l'huile de graissage dont la température d'inflammation a été reconnue être de 146° C. On s'était servi de cette huile au lieu d'huile de lard employée normalement et qui manquait momentanément.

Il semble que les indications qui précèdent expliquent suffisamment comment des explosions peuvent se produire dans des installations de compression d'air, savoir : production de vapeurs inflammables provenant des matières lubrifiantes sous l'influence de la chaleur dégagée par la compression de l'air, et inflammation de ces vapeurs par la combustion spontanée des dépôts existant dans les réservoirs.

On peut indiquer comme précautions à prendre pour prévenir les explosions ou inflammations les moyens suivants :

1° Abaisser le plus possible la température de l'air comprimé de manière à ne pas atteindre celle où les matières lubrifiantes et les dépôts peuvent s'enflammer;

2° Observer attentivement et constamment la température de l'air au sortir des compresseurs;

3° Employer des lubrifiants ayant des points d'inflammation aussi élevés que possible et donnant peu ou point de dépôts solides;

4° Enlever fréquemment les dépôts qui pourraient se produire dans les cylindres, les tuyaux, boîtes à clapets, réservoirs, etc., et purger tous les jours les réservoirs au cas où il s'y produirait des dépôts liquides.

On ne peut, d'ailleurs, que conseiller l'emploi des moyens de refroidissement tels qu'enveloppe d'eau et injection d'eau dans les cylindres des compresseurs; la compression étagée peut aussi donner de bons résultats à ce point de vue.

Il est peut-être utile d'indiquer ce fait que, lors de l'accident d'Aberbeeg, on a constaté, immédiatement après l'explosion, qu'une soupape à main placée sur la conduite au fond du puits était fermée; cette fermeture, faite par malveillance ou par erreur, n'aurait-elle pu, le compresseur marchant à 28 tours, amener une sorte de choc dans la colonne d'air et une élévation brusque de pression et de température suffisante pour enflammer des matières combustibles et amener l'explosion. On peut invoquer, à l'appui de cette explication, la localisation des dégâts dans le bas de la conduite et dans le voisinage de cette soupape; mais à cela d'autres personnes répondent qu'il n'est pas impossible que ce soit l'explosion même qui ait fermé cette soupape et que dès lors l'argument n'a plus de vapeur. Quoi qu'il en soit, on a supprimé cette soupape pour empêcher toute cause de dérangement de ce chef. Si on a cité ce détail, c'est parce que, dans des cas où les causes des accidents sont aussi obscures, il est bon de ne négliger aucun fait pouvant s'y rapporter de près ou de loin. Les renseignements qui précèdent sont donnés dans un mémoire de M. R. Jordan, lu devant la *South Wales Institution of Engineers* et reproduit dans l'*Iron and Coal Trades Review*.

Conservation du charbon sous l'eau. — Il paraît qu'on a, depuis quelques années, agité la question de savoir s'il ne conviendrait pas de conserver le charbon sous l'eau au lieu de le laisser exposé à l'air où il éprouve une oxydation lente qui lui fait perdre une partie de ses qualités. Nous lisons, dans l'*Industria*, que M. Macaulay, qui est un des promoteurs de cette méthode, a fait des expériences pour prouver que le pouvoir calorifique de la houille diminue beaucoup moins lorsqu'il a été immergé que lorsqu'il a été laissé un certain temps en contact avec l'air atmosphérique. Il a pris plusieurs échantillons de charbon : 1° de la houille du Monmouthshire de la meilleure qualité, tout nouvellement extraite; 2° du charbon resté trois ans sous l'eau; 3° du charbon resté dix ans sous l'eau et 4° enfin du charbon trouvé dans la vase d'une rivière.

On a soumis ces divers échantillons à des essais au point de vue de leur puissance calorifique, et on a trouvé que le dernier, c'est-à-dire celui qui provenait du fonds d'un cours d'eau, était en tête de tous. M. Macaulay attribue ce résultat à ce que les parties les moins combustibles pouvaient avoir été entraînées par l'eau, par une action analogue à celle qui se produit lorsqu'on lave les charbons. Le second par ordre de qualité était l'échantillon resté dix ans sous l'eau, et le troisième, le

combustible nouvellement extrait. La différence n'était pas, il est vrai, bien considérable ainsi le premier et le second échantillon étaient supérieurs au troisième respectivement de 4 et 1,8 0/0, tandis que le dernier était inférieur au troisième de 1,6 0/0.

Les personnes compétentes paraissent admettre, bien qu'on manque d'expériences suffisamment précises, que le charbon longtemps exposé à l'air perd de 10 à 12 0/0 de sa valeur calorifique dans les climats septentrionaux et jusqu'à 20 et 30 0/0 dans les pays chauds.

Si on tient compte des dangers d'incendie qui menacent les dépôts de charbon, on y trouvera une raison de plus pour prendre la question en sérieuse considération.

Le charbon abandonne d'ailleurs très facilement l'eau qu'il peut absorber et ce fait rend moins grave l'objection fondée sur la chaleur employée sans profit à vaporiser l'humidité restée dans le combustible.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1904.

Rapport de M. Violle sur la **pile à liquide immobilisé** de M. Delafon.

La particularité essentielle de cette pile est que l'électrolyte consiste en une solution de chlorure d'ammonium immobilisée par de la gélose ou colle du Japon qui, dissoute à chaud, se prend en masse à la température ordinaire. Ce système parait avoir entièrement réussi et l'Administration des Postes et Télégraphes en emploie déjà plus de 100000 éléments. La conservation est très satisfaisante et le débit est très régulier.

Rapport de M. Ed. Bourdon sur **un système de raccords à bouts identiques**, dit **joint instantané**, pour tuyaux rigides ou flexibles, de MM. Henri Dufray et C[ie], constructeurs à Bordeaux.

L'appareil est, comme le titre l'indique, composé de deux parties absolument semblables. Le joint est fait par des bagues en caoutchouc et le serrage opéré par des rampes hélicoïdales; l'enclanchement se fait par trois saillies que portent ces rampes. Le rapporteur signale, comme dispositions nouvelles, dans ce système : 1° que l'assemblage est produit uniquement par les bagues extérieures à saillies, de sorte que les bouts de tuyaux peuvent suivre les mouvements de torsion qui leur sont imprimés sans que le joint puisse se détacher, et 2° que l'étanchéité du joint est obtenue par des bagues en caoutchouc moulées dans une forme bien étudiée, et sur lesquelles la pression agit comme sur les cuirs emboutis.

Rapport de M. A. Brüll sur **le surchauffeur Schwoerer.**

Le rapport décrit le surchauffeur Schwœrer et entre dans diverses considérations sur le principe de la surchauffe qu'il nous parait inutile de rappeler, cette question étant bien connue aujourd'hui de nos collègues. Nous croyons toutefois devoir signaler l'erreur que commet le rapporteur en attribuant à Combes l'honneur d'avoir le premier, dès 1843, signalé l'influence thermique des parois, alors qu'il est aujourd'hui reconnu que cette influence était, dans les mêmes termes, enseignée dès 1835 par Thomas, dans son cours de l'École Centrale. M. Brüll rappelle également que Raffard attribuait la première idée de la surchauffe à Becker, mécanicien à Strasbourg (brevet de 1827). Nous sommes d'autant plus à l'aise pour discuter ce point que nous avions, dans notre chronique de juillet 1892, dans une note sur la surchauffe, accueilli le

dire de Raffard sans le vérifier. Or l'examen du brevet en question nous a indiqué qu'il s'agissait, tout simplement, de vaporisation instantanée comme dans les brevets de Perkins et de bien d'autres, sans aucune allusion à la surchauffe. Nous ignorons complètement où Raffard avait pu trouver une raison d'attribuer à Becker un rôle dans l'introduction de la surchauffe.

Rapport de M. Ed. Simon sur **le type-souffleur** de M. G. Delmas, imprimeur à Bordeaux.

Cet appareil est destiné à opérer en vase clos le soufflage nécessaire pour nettoyer les casses où sont placés les caractères d'imprimerie. Les poussières qu'il s'agit d'enlever sont nocives à cause de la présence du plomb dans l'alliage dont sont faits les caractères. Les poussières sont aspirées par le courant d'air produit par un ventilateur mû au pied ou par un moteur.

Rapport de M. Walckenaer sur **les ascenseurs** établis par MM. Samain et C[ie] aux Grands Magasins du Printemps, à Paris.

L'intérêt de cette application consiste dans l'emploi des dispositions propres à MM. Samain savoir : récipient d'air et d'eau établi au sommet de l'immeuble pour équilibrer partiellement le poids mort par la colonne liquide, utilisation des guides de la cabine comme conduites, distribution d'eau par un appareil à trois voies avec clapet de retour automatique de manière à empêcher les mouvements à contre-sens, et distributeur équilibré, formé de plusieurs pistons montés sur la même tige, pour des ascenseurs dont la charge utile peut atteindre 600 kg, dont le service est intensif (600 voyages par jour) et dont la vitesse (1 m par seconde) dépasse l'allure moyenne des ascenseurs de Paris. Le Printemps possède actuellement huit ascenseurs construits ou transformés d'après ce système.

Métiers à tisser automatiques. — Le métier Harriman, par M. Ed. Simon.

Notes de mécanique. — On trouve sous cette rubrique une étude sur les chaleurs spécifiques de la vapeur surchauffée par M. Weyranch, traduite du Z. V. D. I., et une sur l'utilisation des chaleurs perdues des fours tournants employés pour la fabrication du ciment aux Etats-Unis.

ANNALES DES MINES

1re livraison de 1904.

Notice sur M. E. Lamé-Fleury, Inspecteur général des Mines, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des Mines.

Rapport à M. le Ministre des Colonies sur **les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie,** par M. E. Glasser *(suite)*.

2e livraison de 1904.

Essai sur les **jetons et médailles de mines françaises**, par M. Jules Florange.

Il a été frappé, dans les mines, à diverses époques, des médailles, soit comme commémoration de faits remarquables : visites de souverains, dates de concessions, etc., soit comme jetons de présence ou encore comme monnaie fiduciaire dans des époques troublées où le numéraire faisait défaut.

L'auteur fait remarquer que les médailles minières n'ont pas seulement un intérêt au point de vue numismatique, mais qu'elles fournissent souvent de précieuses indications relativement aux procédés de travail et aux outils employés. Il s'est proposé de donner une nomenclature, avec brève description, de ces jetons et médailles en divisant son travail comme suit, par rapport aux sujets de ces pièces : I. Surintendants généraux des mines. — II. Mines de charbon. — III. Mines de fer. — IV. Mines métalliques. — V. Salines. — VI. Mines de bitume et d'asphalte, ardoisières et carrières. — VII. Écoles, collectivités, Sociétés savantes, Ingénieurs, etc.

Il n'est question ici que des jetons et médailles frappés en France; l'auteur espère pouvoir, plus tard, présenter les pièces étrangères, de beaucoup plus nombreuses et plus intéressantes souvent par leur frappe que celles de la série française.

Notice sur M. A. Parran, Ingénieur en chef des Mines, par M. L. Aguillon, Inspecteur général des Mines.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1904.

District de Paris.

Réunion du 10 décembre 1903.

Communication de M. Stinville sur **le grillage mécanique de la pyrite au four Herreshoff** et la fabrication de l'acide sulfurique.

L'auteur décrit l'usine d'Ivry dont l'atelier de grillage comprend quatre fours Herreshof et trente fours à dalles, système Maletra, brûlant ensemble 40 t de pyrites de fer à 48 à 50 0/0 de soufre. La fabrique comprend aussi la fabrication de l'acide sulfurique alimentée par ces fours et comprenant : un four de Glover, six chambres de plomb d'une capacité totale de 11 500 m³ et deux fours de Gay-Lussac.

La production intensive de ce système est obtenue par l'emploi d'un procédé dit de circulation basé sur la substitution d'eau liquide à la vapeur dans les chambres de plomb, procédé qui a l'avantage d'économiser 60 0/0 de l'eau. On peut dire que cette méthode permet d'économi-

ser 30 à 50 kg de charbon par 1 000 kg d'acide sulfurique des chambres, qu'elle donne la faculté d'augmenter la puissance de fabrication de l'appareil de 20 à 30 0/0 avec le même régime de température, qu'elle simplifie l'installation et le fonctionnement et rend la surveillance presque nulle.

Une visite de l'usine a eu lieu le 17 décembre.

Communication de M. Bel sur les **gîtes aurifères du Klondike.**

Nous renverrons, pour cette question, à la communication de l'auteur faite à notre Société dans sa séance du 20 novembre 1903 sous le titre *Voyage minier au Nord-Ouest Canadien.*

District de Saint-Étienne.

Réunion du 5 mars 1904.

Communication de M. Clapier sur les **Travaux de la Commission allemande des éboulements de mines.**

Devant l'importance du nombre des accidents par éboulement dans les mines allemandes, le ministre du Commerce et de l'Industrie de l'empire allemand décida, en 1897, de nommer une Commission chargée de rechercher les causes de ces accidents et de formuler ensuite des règles pratiques pour en réduire le nombre. On fut amené à créer des Sous-Commissions pour visiter en détail les divers districts miniers et les investigations de ces Sous-Commissions furent faites suivant un plan d'ensemble pour se trouver comparables. La note résume les conclusions auxquelles sont arrivées les diverses Sous-Commissions.

Communication de M. François Blanc sur **les charbons, leur définition et leurs modifications par lavage.**

L'auteur part de ce principe que l'élimination des impuretés étant le but que vise le lavage des charbons, l'étude logique d'un charbon, au point de vue de son lavage, doit être basée sur la recherche et la proportionnalité dans la masse des particules de densités déterminées. Le facteur densité étant sans intérêt au point de vue commercial, l'étude doit se poursuivre par la substitution à ce facteur du facteur teneur en cendres qui en est fonction dans la majorité des cas. Cette dernière étude constitue, en somme, le trait d'union entre le but physique que se propose le classement des charbons et le but commercial que vise leur lavage.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — 2 avril 1904.

La vapeur surchauffée, par O. Berner. — Théorie de la disposition gyroscopique de Schlick pour la marine, par A. Föppl.

Nouvelles pompes construites par la fabrique de machines précédemment Breitfeld, Danek et C[ie], à Prague-Carolinenthal.

Procédés pour relever des diagrammes rapportés au temps avec les indicateurs ordinaires, par W. Schule *(fin)*.

Procédés pratiques de soudage des tôles, par A. Finke.

Lignes intégrales de thermodynamique, par V. Fischer.

Groupe de Schleswig-Holstein. — Le caoutchouc et ses applications.

Groupe de Wurtemberg. — Institutions de prévoyance pour les ouvriers dans le cercle du Danube.

Bibliographie. — Les unités de grandeur les plus importantes pour la théorie et la pratique des sciences physiques, par O. Linders.

Revue. — Ponts à transbordeurs à Nantes et à Newport. — Haveuses mécaniques, système Seltner. — Déplacement d'un pont à l'aide de boîtes à sable. — Le croiseur *Lubeck*.

N° 15. — *9 avril 1904.*

Ordre du jour de la 45[e] réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Francfort et à Darmstadt, en 1904.

Le vapeur à deux hélices *Gneisenau*, construit par les chantiers de la Société Vulcan à Stettin-Bredow, par H. Hildebrandt.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

La vapeur surchauffée, par O. Berner *(suite)*.

Groupe de Hambourg. — Pompes à tiroir à piston, pour grandes vitesses.

Bibliographie. — Caractères des bonnes lames de scies, par D. Dominikus junior.

Revue. — Conductibilité des diverses sortes de fers. — Variétés.

N° 16. — *16 avril 1904.*

Progrès dans la construction des machines-outils en Allemagne, par Fr. Ruppert *(suite)*.

Séparateur d'huile de la vapeur d'échappement et de l'eau de condensation, par H. Kühl.

La construction des locomotives en Amérique, par Fuchs *(fin)*.

La vapeur surchauffée, par O. Berner *(fin)*.

Vibrations des arbres coudés, par P. Roth.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Paul Heilmann Ducommun.

Groupe de Franconie et du Haut Palatinat. — L'esthétique dans la construction des ponts. — Accouplements pour transmissions.

Groupe de Hanovre. — Exécution des sondages à grande profondeur.

Groupe de la Lenne. — Une course de ballons internationale.

Groupe de Poméranie. — Machines à vapeur combinées.

Bibliographie. — Les lois de la rupture dans la résistance des matériaux, par L. von Tetmajer.

Revue. — Stations de production de force de l'Interborough Rapid Transit C°, à New-York, et de Lots Road, à Chelsea, près Londres. — Tablier à rouleaux pour laminoirs.

N° 17. — *23 avril 1904.*

Utilisation de la force du Glommens, à Kykkelsrud, en Norvége, par L. H. Kinbach.

Données pratiques sur les canalisations, notamment les canalisations de vapeur, par M. Westphal.

Voyage d'études aux États-Unis d'Amérique, par P. Möller *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Expérience sur une turbine à vapeur, à Rheinfelden.

Groupe de la Lenne. — Théorie de Kant et Laplace sur la formation du système solaire et critique de cette théorie.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Établissement municipal d'électricité à Quedlinburg,

Bibliographie. — Manuel de chemins de fer électriques, par E. C. Zehme.

Revue. — Machines auxiliaires pour fonderies aux États-Unis. — Régulateur de marche à vide pour machines à vapeur. — Dépôt de charbon de Frenchman's Bay. — Notice nécrologique sur F. J. Weiss.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

IIIe SECTION

Les machines à glace et les applications du froid dans l'industrie (1), par M. A. Perret.

Cet important ouvrage ne se rapporte, en réalité, qu'aux machines et appareils frigorifiques exposés en 1900; on y chercherait en vain la description de bon nombre d'appareils modernes, des plus intéressants; les machines américaines, notamment, y sont complètement ignorées. En outre, on y a fait un abus véritablement déplorable des dessins de prospectus, qui ne sont souvent que des images et donnent à l'ouvrage un aspect de réclame. Ce n'est qu'une apparence, mais des plus fâcheuses, nullement compensée par l'économie que procure à l'éditeur l'emploi de ces clichés gratuits.

Ces réserves faites, nous n'hésitons pas à recommander l'ouvrage de M. Perret comme le plus complet que nous possédions, en langue française, sur ce sujet si actuel et intéressant de l'industrie frigorifique.

Parmi les chapitres les plus intéressants de l'ouvrage, nous citerons celui intitulé « Détermination du rendement et étude comparative des machines à glace », qui renferme un résumé suffisamment complet des expériences de la station d'essai de Munich, encore trop peu connues chez nous. Il y a là des données exactes des plus précieuses pour les constructeurs de machines frigorifiques.

Nous signalerons aussi le chapitre consacré aux entrepôts frigorifiques et à la conservation des produits alimentaires, qui aurait pu être plus développé, mais qui, tel qu'il est, renferme un grand nombre de renseignements et donne bien l'idée de l'extension prise à l'étranger par ces installations. On voit qu'elles n'existent pour ainsi dire pas en France, et ce pour des raisons d'ordre tout à fait secondaire, d'ordre électoral, par exemple, comme à Paris, qui se trouve ainsi privé, au détriment de ses services d'alimentation, de moyens de conservation que l'on considère aujourd'hui, dans tous les pays civilisés, comme absolument indispensables.

G. R.

Les roues dentées (2). Notions théoriques et tracés pratiques à usage des ouvriers mécaniciens et des élèves des écoles et des cours professionnels, par M. A. Jully, Inspecteur de l'enseignement manuel dans les écoles de la Ville de Paris.

Cet ouvrage, destiné, d'après l'auteur, aux maîtres ouvriers, professeurs dans les cours techniques municipaux du soir et aux apprentis

(1) In-8° 280 × 190 de vii-572 pages avec 190 figures et 18 planches. Paris, E. Bernard, 1904. Prix broché : 25 f.

(2) In-8° 250 × 165 de vi-150 pages avec 89 figures et 5 planches. Paris, E. Bernard, 1904. Prix broché : 4 f.

qui suivent ces cours, expose, en effet, d'une façon élémentaire les principes fondamentaux du tracé des engrenages, avec des exemples numériques bien choisis, mais en négligeant un peu trop le côté dynamique de la question : frottements et fatigue des dents.

L'auteur ne dit également que quelques mots de la taille des dents à la machine et des trains d'engrenages; il semble que ce dernier sujet surtout aurait pu être très utilement développé pour des apprentis mécaniciens.

G. R.

IV[e] SECTION

Traité d'Analyse des substances minérales, par M. Adolphe Carnot, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'Ecole supérieure des Mines. — Tome I : *Méthode générale d'Analyse qualitative et quantitative* (1). — Tome II : *Métalloïdes* (2).

L'analyse chimique devient chaque jour davantage l'auxiliaire indispensable d'un grand nombre de sciences et de la plupart des branches de l'Industrie. Depuis le si remarquable traité des essais de *Berthier*, dans lequel il y a encore tant à puiser, malgré sa grande ancienneté, un certain nombre d'ouvrages, dont quelques-uns d'une très grande valeur, ont été publiés successivement ; mais les uns s'occupaient plus spécialement de l'*analyse qualitative*, les autres de l'*analyse quantitative*, ou même seulement de certaines catégories de dosages quantitatifs. Il manquait un traité d'ensemble embrassant toutes les substances minérales, dont beaucoup n'ont été étudiées complètement que depuis peu d'années, et donnant tous les progrès de l'analyse chimique, à laquelle on demande de plus en plus une exactitude rigoureuse et presque absolue. Le traité de M. Adolphe *Carnot*, dont les deux premiers volumes ont déjà paru, vient très heureusement combler ce vide.

Nul n'était plus autorisé que ce maître distingué et expérimenté pour assumer la charge d'une œuvre de cette importance. Il a su lui donner, grâce à ses nombreux travaux scientifiques dans le domaine de l'analyse et à sa connaissance parfaite des besoins de notre industrie, avec tous les développements théoriques qu'elle devait comporter, un cachet très marqué d'utilité pratique.

Ainsi qu'il le dit dans l'introduction de son ouvrage, M. Carnot s'est proposé de réunir dans son traité d'analyse les différentes méthodes d'essai qui peuvent concourir soit à la recherche qualitative, soit à l'analyse quantitative et au dosage exact des divers éléments. Par les deux volumes que nous connaissons déjà, nous devons reconnaître qu'il l'a fait avec une méthode parfaite de classement, devant faciliter beaucoup les recherches.

Le premier volume de l'ouvrage comprend deux parties, l'une traitant des essais qualitatifs et la seconde réservée à l'analyse quantitative.

(1) In-8° de 255×165, de 992 p. — Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1898. Prix : broché, 35 f.
(2) In-8° de 255×165, de 821 p. — Paris, V[ve] Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 25 f.

Dans la première, à laquelle sont consacrés sept chapitres, sont exposées avec détail les différentes méthodes de *recherches qualitatives*.

Les unes sont essentiellement des méthodes de voie sèche, fournissant, par des opérations assez simples et sur une très petite quantité de matière, de précieux renseignements sur la nature des éléments contenus. Elles sont caractérisées par les appareils, dont elles font usage : le *chalumeau*, la *lampe à gaz*, le *spectroscope*.

Les autres sont des méthodes de voie humide, qui débutent toujours par une dissolution de la matière à essayer.

Quelquefois on n'y emploie qu'une quantité minime de la matière et l'on observe, à l'aide du microscope, les réactions produites, les précipitations et surtout les cristallisations. C'est la *méthode microchimique*, de date relativement récente, à laquelle l'auteur consacre un chapitre très intéressant à consulter.

Mais la microchimie ne peut guère servir que pour caractériser des composés assez simples. Quand il s'agit de substances très complexes et qu'il faut opérer des séparations véritables pour caractériser tous les éléments avec certitude, il faut avoir recours aux méthodes d'*analyse qualitative par la voie humide* proprement dite. Le chapitre consacré à ces méthodes donne avec clarté la marche systématique à suivre pour reconnaitre les éléments contenus dans les substances à essayer.

Ce chapitre est du reste complété par le suivant dans lequel, dans une sorte de tableau, très clairement établi, ont été résumées les principales réactions, que l'on peut mettre en jeu pour s'assurer de la nature de chacun des éléments isolés, métal ou métalloïde.

Enfin la première partie de ce volume se termine par un chapitre sur les *réactifs* à employer, dont la pureté a une si grosse importance pour des recherches de précision.

Dans la seconde partie, l'auteur traite des *généralités sur les opérations de l'analyse quantitative.*

Les trois premiers chapitres (chapitres VIII, IX et X) sont consacrés à la description, avec tous les développements qu'elles comportent, des *opérations préliminaires* de préparation de l'échantillon à analyser, et successivement des *opérations de voie sèche* et celles de *voie humide*.

Le chapitre suivant traite de l'*Electrolyse*, méthode d'analyse relativement récente et très commode pour le dosage d'un certain nombre de métaux, quoique l'état actuel de la science ne permette pas encore la création d'une méthode de séparation générale.

Dans les chapitres XII et XIII sont exposées en détail et avec les progrès les plus récents les *méthodes volumétriques* par *solutions titrées*, et les *essais colorimétriques*, qui occupent une si grande place en docimasie à cause de leur commodité et de leur rapidité.

Enfin le dernier chapitre est réservé à l'*Analyse des gaz*, qui a une importance de plus en plus grande, tant au point de vue scientifique qu'à celui de la pratique industrielle. Quoique ce premier volume ne soit consacré qu'aux généralités, l'auteur a groupé dans ce chapitre tout ce qui concerne les gaz et l'analyse quantitative des mélanges gazeux, qui ne pouvait logiquement en être séparée.

Avec le second volume de l'ouvrage de M. Carnot commence le traité d'analyse quantitative des substances solides ou liquides, devant comprendre tous les différents corps simples et leurs composés les plus importants.

Ce second volume est consacré aux *Métalloïdes.*

Toutes les méthodes si multiples et si différentes que l'analyse chimique met en œuvre aujourd'hui y sont décrites tour à tour avec l'ordre et la clarté qui caractérisent toujours la littérature scientifique française.

L'état naturel, les propriétés générales, les constantes physiques, les caractères chimiques des divers éléments et leurs procédés de dosage pondéral, volumétrique, colorimétrique, gazométrique, éléctrolytique, sont successivement décrits, comparés et critiqués.

Les différents corps simples étudiés dans ce volume forment autant de chapitres spéciaux. Nous ne saurions les passer en revue dans cette notice ; nous citerons néanmoins :

Le chapitre consacré à l'*Oxygène* et traitant de la détermination de l'eau, de l'eau oxygénée et de l'ozone ;

Celui de l'*Azote* avec l'étude complète des méthodes de dosage des sels ammoniacaux, des azotites et des azotates ;

L'important développement donné à l'analyse des composés oxygénés et hydrogénés du *carbone* ; l'étude analytique et calorimétrique des *combustibles* solides, liquides et gazeux ;

La séparation délicate des *chlorures*, des *bromures*, et des *iodures*. et le dosage du *Fluor ;*

L'étude des mélanges de *sulfures*, d'*hyposulfites*, de *sulfites* et de *sulfates ;*

La séparation et l'analyse des *Siliciures* et des *Tellurures ;*

Le dosage de l'acide *Phosphorique* et l'analyse des divers *Phosphates ;*

La recherche et la détermination de l'*Arsenic* et du *Bore ;*

L'analyse des *Silicates*, avec l'exposé critique de leurs nombreuses méthodes de désagrégation.

Enfin l'auteur ne s'en tenant pas à la liste classique des Métalloïdes, en a élargi le cadre, tout à fait conventionnel, pour y faire entrer non seulement quelques éléments récemment découverts, tels que l'*Hélium*, le *Germanium*, mais aussi plusieurs éléments rares, qui se rapprochent essentiellement des métalloïdes proprement dits et dont l'importance devient parfois très grande pour la métallurgie : le *Titane*, le *Tungstène*, le *Vanadium*, le *Molybdène*.

En résumé, dans ce deuxième volume du traité d'analyse de M. Carnot, le savant trouvera une base solide pour la recherche de nouvelles méthodes ; le praticien, un guide clair et précis pour l'application des procédés déjà connus et l'on ne peut que souhaiter voir bientôt paraître les volumes devant compléter l'ouvrage.

F. Clerc.

Ve SECTION

Dictionnaire de chimie photographique, par MM. G. et Ad. Braun fils (1).

Les procédés photographiques sont devenus tellement nombreux, et les corps qui figurent dans les diverses formules sont si variés, qu'il est souvent bien difficile de trouver, dans les traités spéciaux, des explications raisonnées sur la composition des recettes proposées, ainsi que sur le rôle des matières employées.

La forme de dictionnaire, adoptée par MM. G. et Ad. Braun, rendra, à ce point de vue, les plus grands services aux photographes amateurs ou professionnels, en leur permettant de trouver facilement toutes les propriétés de tel corps qui les intéresse, ainsi que le rôle rempli par ce corps dans les diverses préparations auxquelles il se trouve généralement associé.

Le terme de Chimie photographique, qui figure dans le titre de l'ouvrage, ne doit pas effrayer le lecteur; les auteurs ont eu soin, en effet, d'éviter les théories relatives à la chimie pure, qui n'auraient d'utilité que pour le chimiste de profession, et qui se trouveront toujours plus complètement développées dans les ouvrages spéciaux de chimie. Ils se sont, avec raison, contentés d'indiquer les propriétés générales des divers corps, leurs réactions essentielles, leurs applications à la photographie, et, lorsqu'il y a lieu, les moyen d'en déterminer la pureté.

Le premier fascicule, qui va du mot « Acétates » au mot « Argent », contient un grand nombre de données et de formules intéressantes, entre autres aux articles :

Acétone (vernis, révélateurs) — Albumine (Émulsions sensibles, papier albuminé). — Alizarine (sensibilisation pour le rouge), — Aluminium (photo-poudre), Aluns, — Amidol (développement), — Sels ammoniacaux, etc., etc.

Cet ouvrage sera certainement apprécié de tous ceux qui cherchent à raisonner leurs opérations, et leur permettra, par une connaissance plus complète des corps qu'ils emploient, d'améliorer leurs méthodes, de créer, au besoin, de nouvelles formules, et leur fournira ainsi, avec un plus grand intérêt dans les manipulations, les moyens de perfectionner leur art.

Nous indiquerons, dans les notices bibliographiques subséquentes, les articles les plus marquants dans les divers fascicules, au fur et à mesure de leur apparition.

Ed. Fouché.

Recherches expérimentales sur la constitution des mortiers hydrauliques, par M. H. Le Chatelier (2).

Le nouvel ouvrage de M. H. Le Chatelier complète ses belles recher-

(1) In-8°, 250 × 165, Paris, Gauthier-Villars, 1904. Prix, broché : en souscription, 12 francs.

(2) In-8°, 255 × 165 de IV-196 p. avec 3 pl., Paris, Ve Ch. Dunod, 1904, prix broché 6 francs.

ches de 1887, qui ont été le point de départ de tous les travaux scientifiques sur la constitution des ciments hydrauliques depuis cette époque.

Dans les première, deuxième et troisième parties, on trouve des données précises sur la cuisson et la prise du plâtre, puis des recherches sur le ciment de baryte qui, par ses combinaisons bien définies, donne de précieuses indications sur les ciments calcaires.

Les découvertes de M. Le Chatelier, sur le mécanisme de la prise et du durcissement des mortiers et sur la constitution des chaux et ciments, ont ouvert une voie absolument nouvelle dans l'étude des produits hydrauliques.

Il appartenait à M. Le Chatelier de trouver la véritable méthode scientifique qui a permis d'apporter de la clarté dans ces questions si obscures et qui en étaient restées où les avait laissées Vicat.

Les chapitres qui suivent traitent de la constitution, de la température de cuisson et de l'analyse des ciments, puis de l'extinction et du silotage des chaux et ciments, de l'essai, à chaud, des produits hydrauliques, de l'influence de la magnésie dans le ciment, de l'action du chlorure de calcium et du sulfate de chaux; des changements de volume qui accompagnent le durcissement des ciments, de la perméabilité par diffusion des mortiers, enfin de la désagrégation des mortiers à la mer.

Toutes ces recherches présentent le plus grand intérêt et constituent des documents de la plus haute valeur pour tous ceux qui étudient ou qui emploient les produits hydrauliques.

E. Candlot.

La réforme de l'enseignement technique. *Rapport présenté au comité d'études de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels*, par M. Georges de Leener, chargé de cours à l'Université de Bruxelles (1).

M. de Leener vient de publier, sur la réforme de l'enseignement technique, un rapport qu'il a présenté au Comité d'études de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels : « Il n'a d'autre but, dit-il, que de résumer les résultats de lectures et de réflexions et de suggérer quelques tendances de réformes. »

Il classe en quatre catégories les différents modes d'enseignement technique :

1° Enseignement supérieur sans aucun stage pratique dans l'industrie;

2° Enseignement supérieur avec stage dans l'industrie;

3° Enseignement théorique de moindre degré, mais accompagné de travaux pratiques très développés;

4° Enseignement purement pratique par le travail d'atelier.

Ces divergences dans le système d'éducation amènent naturellement à examiner les questions suivantes :

1° Faut-il exiger une préparation mathématique supérieure?

2° Faut-il spécialiser les élèves?

(1) In-8°, 240 × 155, de 18 pages, Bruxelles, A. Lesigne, 1904.

3° Quels doivent être l'importance et le champ des travaux de laboratoire? Celui-ci doit-il servir à réaliser, en petit, les opérations industrielles?

4° Que faut-il demander au travail d'atelier?

5° Quelle est l'influence d'un stage dans l'industrie? A quelle période des études devrait-il être fait?

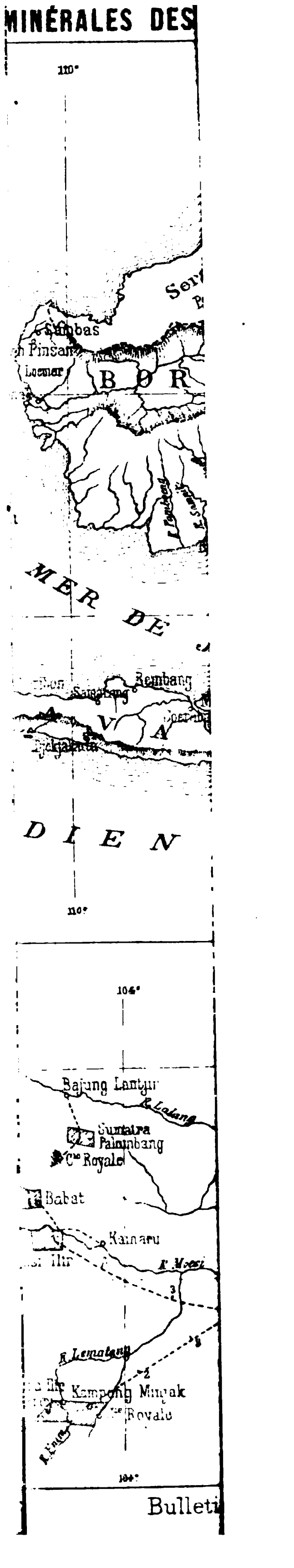
L'auteur énumère ensuite, sans s'y arrêter, d'autres points qui ont une importance considérable : recrutement du corps enseignant, pratique du dessin, organisation des examens. Puis il passe aux tendances qui devraient, selon lui, gouverner la réforme de l'enseignement technique, et à titre d'exemple, il formule un programme comportant une durée d'études de cinq années.

P. Jannettaz.

Le Secrétaire Administratif, Gérant.

A. de Dax.

Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 9430-3-04. — (Encre Lorilleux).


110°
Sambas
Pinsan
Loemar
B O R
MER DE
Rembang
A V A
D I E N
110°
104°
Bajung Lantur
R. Lalang
Sumatra
Palembang
Cie Royale
Babat
Kainaru
R. Moesi
R. Lematang
Kampong Minyak
Royale
104°

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1904

N° 5.

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de mai 1904 la Société a reçu les ouvrages suivants.

Astronomie et Météorologie.

Publications of the Earthquake Investigation Committee in foreign Languages, N° 15. Tokyo 1904 (in-8°, 260 × 180 de 72-15 p. avec 8 pl.). Tokyo, 1904. 43253

Chemins de fer et Tramways.

AUER (E.). — *Des abonnements généraux pour régions du réseau des chemins de fer Suisses et des Entreprises de navigation à vapeur de quelques lacs.* Conférence donnée le 25 novembre 1903 devant la Section de Berne de l'Union Suisse du commerce et de l'industrie, par M. E. Auer. Edition française publiée sous les auspices de la Société industrielle et commerciale de Neuchâtel (in-8°, 205 × 135 de 63 p., avec 5 annexes). Neuchâtel, Attinger frères 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43258

Compagnie du Chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 28 avril 1904. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale (in-4°, 275 × 220 de 94 p.). Lille, L. Danel, 1904. 43289

Chimie.

BRAUN (G. et AD. fils). — *Dictionnaire de chimie photographique à l'usage des professionnels et des amateurs*, par G. et Ad. Braun fils. *Quatrième fascicule. Collodion-Émulsion* (Bibliothèque photographique) (in-8°, 255 × 165, pages 193 à 256). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43252

GUILLET (L.). — *L'Industrie de la soude. Chlorure de sodium. Carbonate et bi-carbonate de sodium. Soude caustique. Sodium, Peroxyde de sodium*, par L. Guillet (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 179 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1904. (Don de l'éditeur.) 43247

Construction des Machines.

Annuaire général de l'Automobile et des Industries qui s'y rattachent. 10e édition 1904, par F. Thevin et Ch. Houry (in-16, 185 × 125 de IV-820-336 p.). Paris, F. Thevin et Ch. Houry. (Don des éditeurs.) 43280

COMPÈRE. — *Recherches sur la comparaison entre les chaudières à foyers intérieurs et les chaudières à bouilleurs au point de vue de la sécurité*, par M. Compère (Extrait des Annales des Mines, livraison de Décembre 1903) (in-8°, 225 × 145 de 16 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43250

FARMAN (M.). — *Manuel du conducteur d'automobiles*, par Maurice Farman. *Troisième édition 1904* (Bibliothèque des Actualités industrielles. N° 73) (in-8°, 250 × 165 de 204 p. avec 97 fig.). Paris, Bernard Tignol. (Don de l'éditeur.) 43286

JULLY (A.). — *Les roues dentées. Notions théoriques et tracés pratiques à l'usage des ouvriers mécaniciens et des Élèves des Écoles et des Cours professionnels* (Cours techniques) (in-8°, 250 × 165 de VI-150 p. avec 89 fig. et 5 pl.). Paris, E. Bernard, 1904. (Don de l'éditeur.) 43297

MATHOT (R.). — *Les moteurs à gaz modernes et leurs moyens d'alimentation*, par R. Mathot. Conférence donnée à l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège le 19 Mars 1904 et publiée par la Revue universelle des Mines. Tome VI. 4e série, avril 1904 (in-8°, 210 × 135 de 31 p. avec 8 fig.). Paris, Ch. Béranger, Mars 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43257

PERRET (A.). — *Les machines à glace et les applications du froid dans l'industrie*, par Auguste Perret (in-8°, 280 × 190 de VII-572 p. avec 190 fig. et 18 pl.). Paris, E. Bernard, 1904. (Don de l'éditeur.) 43298

Économie politique et sociale.

Annuaire financier et économique du Japon. N° 11. Publié par le Ministère des Finances (in-8°, 265 × 185 de 131 p. avec 1 carte). Tokio et Osaka, Z. P. Maruya et Cie, 1902. (Don de M. Becker, M. de la S.) 43299

CACHEUX (E.). — *Société anonyme des habitations économiques de la Seine. Assemblée générale du 14 Mars 1904. 12e Exercice 1903. Rapport présenté au nom du Conseil d'administration*, par M. E. Cacheux (in-8°, 240 × 155 de 15 p.). Paris, Chaix, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43309

Comité des habitations à bon marché du Département de la Seine. Deuxième concours des habitations à bon marché 1901-1904. Rapport présenté au Jury, par la Sous-Commission du Concours (séance du lundi 14 mars 1904) (in-4°, 270 × 215 de 16 p.). Paris, Chaix, 1904. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43310

FERRAND (L.). — *Société anonyme des habitations économiques de la Seine. Notice historique. Son présent. Son passé*, par M. L. Ferrand. Mars 1904 (in-8°, 240 × 155 de 20 p.). Paris, Chaix, 1904. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43307

Résumé statistique de l'Empire du Japon. 18e année 1904 (Cabinet Impérial. Bureau de la Statistique générale) (in-8°, 260 × 190 de 163 p. avec 1 carte). Tokio, 1904. (Don de M. Becker, M. de la S.) 43300

Société anonyme des habitations économiques de la Seine. Statuts (Revision du 14 Mars 1904) (in-8°, 240 × 155 de 20 p.). Paris, Chaix, 1904. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.) 43308

Électricité.

GÉRARD (E.). — *Leçons sur l'électricité professées à l'Institut Électrotechnique Montefiore annexé à l'Université de Liège*, par Éric Gérard. *Tome premier. Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs électriques. Septième édition* (in-8°, 250 × 165 de XII-882 p. avec 400 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'auteur et de l'éditeur.) 43254

LE ROY (G.-A.). — *L'accumulateur mixte de MM. Commelin et Viau*, par George A. Le Roy (Extrait du Bulletin n° 1, Janvier et février 1904, de la Société industrielle de Rouen) (in-8°, 270 × 175 de 6 p.). Rouen, J. Girieud et Cie, 1904. (Don de la Société industrielle de Rouen.) 43306

LOPPÉ (F.). — *Traité élémentaire des enroulements des dynamos à courant continu*, par F. Loppé (Actualités scientifiques) (in-16, 190 × 120 de VI-80 p. avec 12 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43302

SCHULZ (E.) et HALPHEN (A.). — *Les maladies des machines électriques. Défauts et accidents qui peuvent se produire dans les génératrices, moteurs et transformateurs à courant continu et à courants alternatifs*, par Ernest Schulz. Traduit de l'allemand par A. Halphen (in-16, 180 × 110 de 90 p. avec 42 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur). 43304

SÉE (R.). — *Les entreprises de distribution d'énergie électrique. Législation et jurisprudence*, par Raymond Sée (in-8°, 225 × 140 de 204 p.). Paris, Arthur Rousseau, 1903. (Don de l'éditeur.) 43260

Enseignement.

École spéciale d'architecture. Concours de sortie de 1904. 1re Épreuve : Projet : Un Hôtel de Caisse d'épargne. Argument (une feuille 280 × 220 de 3 p.). Paris, Delalain. 43290

Filature et Tissage.

SIMON (ÉD.). — *Métiers à tisser automatiques. Le métier Harriman*, par M. Édouard Simon (Extrait du Bulletin de Mars 1904 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (in-4°, 275 × 220 de 13 p. avec 4 fig.). Paris, Philippe Renouard, 1904. (Don de l'auteur, M. de la S.) 43285

Géologie et Sciences naturelles diverses.

FONNÉ (R.-J.). — *Grottes des Échelles (Savoie)*, par R.-J. Fonné (in-8°, 240 × 160 de 48 p. avec photogravures). (Extrait de la Revue des Alpes Dauphinoises. Numéros de Février, Mars, Avril, Juin, Juillet, Septembre et Octobre 1901.) Grenoble, Édouard Vallier, 1901. (Don du Syndicat d'initiative de la Savoie.) 43291

Professional Paper n° 9. Series H. Forestry, 6. Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott, Director. Forest Conditions in the Cascade Range Forest Reserve Oregon, by H.-D. Langille, Fred. G. Plummer, Arthur Dodwell, Theodore F. Rixon, and John B. Leiberg, with an Introduction by Henri Gannett (in-8°, 290 × 230 de 298 p. avec 41 illust.). Washington, Government Printing Office, 1903. 43262

Professional Paper n° 10. Series A. Economic Geology, 20; B. Descriptive Geology, 23. Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott, Director. Reconnaissance from Fort Hamelin to Kotzebue Sound Alaska, by way of Dall, Kanuti, Allen, and Kowak Rivers, by Walter C. Mendenhall (in-8°, 290 × 130 de 78 p. avec 9 illustrations). Washington, Government Printing Office, 1902. 43266

Professional Paper n° 13. Series B. Descriptive Geology, 26. Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott, Director. Drainage Modifications in Southeastern Ohio and adjacent Parts of West Virginia and Kentucky, by W.-G. Tight (in-8°, 290 × 130 de 111 p. avec 17 illust.). Washington, Government Printing Office, 1903. 43263

Professional Paper n° 14. Series D. Petrogaphy and Mineralogy, 23; E. Chemistry and Physics, 37. Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott, Director. Chemical Analyses of Igneous Rocks, Published from 1884 to 1890; with a Critical Discussion of the Character and Use of Analyses, by Henry Stephens Washington (in-8°, 290 × 130 de 495 p.). Washington, Government Printing Office, 1903. 43264

Professional Paper n° 15. Series A. Economic Geology, 25 ; B. Descriptive Geology. 30. Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott, Director. The Mineral Resources of the Mount Wrangel District Alaska, by Walter C. Mendenhall and F.-C. Schrader (in-8°, 290 × 130 de 71 p. avec 9 illust.). Washington, Government Printing Office, 1903. 43267

Van den Broeck (E.). — *L'Étude des eaux courantes souterraines* (Eaux alimentaires en régions calcaires) par l'emploi des matières colorantes (fluorescéine). Discussion sur la vitesse de propagation des eaux souterraines et de la fluorescéine dans les canaux et fissures des terrains calcaires avec un Exposé synthétique résumant les points acquis au cours de cette étude. Fascicule spécial édité par M. Ern. Van den Broeck. (Extrait du Bulletin de la Société Belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie. Tome XVII. Année 1903, pages 239 à 635) (in-8°, 245 × 165 de 397 p.). Bruxelles, Hayez, Avril 1984. 43243

Water Supply and Irrigation. Papers n°s 80 to 87. Series M. General Hydrographic Investigations, 4 and 5. Series P. Hydrographic Progress. Reports 20, 21, 22 and 23. Series J. Water Storage 8. Series I. Irrigation 15. — Department of the Interior. United States Geological Survey. Charles D. Walcott. Director (8 vol. in-8°, 230 × 150). Washington, Government Printing Office, 1903. 43268 à 43275

Législation.

American Society of Civil Engineers. Constitution and List of Members. February 10th 1904 (in-8°, 230 × 150 de 230 p.). New-York, House of the Society. 43244

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. 7e année, 1903. Réunion d'Amsterdam. Septembre 1903 (in-8°, 230 × 150 de LII-208 p.). Paris, H. Le Soudier, 1904. (Don de MM. Belin frères.) 43282

Annuaire de l'Association internationale pour la protection de la propriété industrielle. 8e année, 1904. Congrès de Berlin. 24-29 mai 1904. Fascicule I (in-8°, 230 × 150 de 313 p.). Paris, H. Le Soudier, 1904. (Don de MM. Belin frères.) 43283

Forteckning ofver Svenska Teknologföreningens. Ledamöter. April 1904 (in-8°, 210 × 140 de 76 p.). Stockholm, P.-A. Norstedt et Söner, 1904. 43287

Imbrecq (J.) et Baudry de Saunier (L.). — *L'automobile devant la justice. Accidents. Responsabilités. Procès. Difficultés diverses. Questions de droit pratique mises à la portée de tous les conducteurs d'automobiles, et jurisprudence en matière de cyclisme et d'automobilisme à l'usage des hommes de loi,* par J. Imbrecq, avec une préface de M. L. Baudry de Saunier (in-8°, 225 × 145 de XIII-179 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43245

Lista Czlonków Stowarzyszenia Techników w Warszawie Maj 1904 roku (Dodatek do Przegladu Technicznego) (in-8°, 285 × 200 de 37 p.). Warszawa, 1904. 43284

MIHALYFI JÓZSEF. — *A Magyar Mérnök-és épitész-egylet. Evkönyve 1904. IV. Evfolyam.* Szerkesztztette Mihályfi József (in-8°. 235 × 155 de 75 p.). Budapest, Patria. 1904. 43249

Società degli Ingegneri, Architetti ed Industriali in Napoli. Annuario 1904 (in-8°, 235 × 155 de 60 p.). Napoli, Angelo Trani, 1904. 43251

Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. Annuaire des Sociétaires au 29 février 1904 (in-8°, 215 × 135 de 576 p., avec un graphique. Paris, Imprimerie Chaix, 1904. 43278

Société internationale des Électriciens. Annuaire pour 1904 (Supplément au Bulletin mensuel n° 34, 2e série. Avril 1904) (in-8°, 270 × 180 de 112 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. 43276

The Canadian Society of Civil Engineers. Charter, By-Laws and List of Members, 1904 (in-8°, 230 × 150 de IV-89 p.). Montreal. Printed by the Society. 43279

Médecine, Hygiène, Sauvetage.

Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Conseils aux ouvriers au sujet de la maladie dite « charbon » (charbon externe, pustule maligne, œdème malin et charbon interne) (une feuille 455 × 650). Paris, Imprimerie Chaix, 1904. (Don de l'Association.) 43236

Métallurgie et Mines.

BROWN (M.-W.). — *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. Subject-Matter Index of Mining, Mechanical and Metallurgical Literature for the year 1902.* Edited by the Secretary M. Walton Brown (in-8°, 245 × 155 de XXXII-151 p.). Newcastle-upon-Tyne. Published by the Institute, 1904. 43241

GUILLAUME (Ch.-Ed.). — *Les applications des aciers au nickel, avec un appendice sur la Théorie des aciers au nickel,* par Ch.-Ed. Guillaume (in-8°, 225 × 150 de 215 p. avec 25 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43240

HABETS (A.). — *Cours d'exploitation des mines,* par Alfred Habets. *Tome II* (in-8°, 250 × 165 de VIII-643 p. avec fig. 446 à 825). Paris. H. Le Soudier, 1904. (Don de l'éditeur.) 43255

MICHAUT (A.). — *L'Industrie aurifère au Transvaal. Son passé, son avenir,* par Albert Michaut (Étude économique et financière) (in-8°, 260 × 170 de 156 p. avec 5 fig.). Paris, A. Lahure, 1904. (Don de l'auteur.) 43261

SCOTT (H.-K.). — *On the occurrence of Mica in Brazil and on its preparation for the Market,* by H. Kilburn Scott (Excerpt from the Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Volume XI, 1901-1902) (in-8°, 220 × 140 de 14 p. avec 3 pl.). London, The Institution of Mining and Metallurgy. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43238

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

China. Imperial Maritime Customs III. Miscellaneous Series n° 6. List of the Lighthouses. Light-Vessels, Buoys, and Beacons on the Coast and Rivers of China for 1904 (Corrected to 1st December 1903). Thirty-second Issue. Published by Order of the Inspector general of Customs (in-4°, 280 × 220 de 60 p. avec 9 cartes). Shanghai, 1904. 43288

GRECO (M.). — *Sopra una speciale disposizione da adattarsi all'ascensore idraulico per barche sistema E. Clark.* Nota dell' Ing. M. Greco (Estratto dalla Nuovo Rassegna Tecnica internazionale Numeri 3 e 4. Febbraio 1904) (in-8°, 215 × 150 de 24 p. avec 2 fig.). Prato, Tipografia editrice Nutini, 1904. (Don de l'auteur.) 43259

Rules and Regulations governing the Aeronautic Competition. Revised March 1904 (Universal Exposition Saint-Louis 1904. Commemorating Acquisition of Louisiana Territory 1803) (in-8°, 225 × 150 de 11 p.). Saint-Louis. (Don de M. Carl. E. Myerz.) 43235

Société anonyme du Canal et des Installations maritimes de Bruxelles. Septième exercice social. Année 1903. Rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale du 14 Mai 1904 (in-4°, 295 × 235 de 39 p. avec 3 diagr.). Bruxelles, Imprimerie Xavier Havermans, 1904. 43265

Physique.

BESSON (P.) et D'ARSONVAL (Dr A.). — *Le radium et la radioactivité. Propriétés générales. Emplois médicaux,* par Paul Besson, avec une préface du Dr A. d'Arsonval (Actualités scientifiques) (in-16, 190 × 120 de VII-170 p. avec 23 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43303

BLONDLOT (R.). — *Rayons N. Recueil de communications faites à l'Académie des sciences,* par R. Blondlot, avec des Notes complémentaires et une Instruction pour la confection des écrans phosphorescents (Actualités scientifiques) (in-16, 190 × 120 de VI-78 p. avec 5 fig. et 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars, 1904. (Don de l'éditeur.) 43301

MARCHIS (L.) et P. DUHEM. — *Thermodynamique, I. Notions fondamentales,* par M. L. Marchis. Préface de M. P. Duhem. (Bibliothèque de l'Élève Ingénieur. Physique industrielle) (in-8°, 255 × 165 de 176 p. avec 15 fig.). Paris, Gauthier-Villars ; Grenoble, A. Gratier et J. Rey, 1904. (Don de M. Gauthier-Villars.) 43239

Sciences morales. — Divers.

AUSCHER (L.) et BAUDRY DE SAUNIER (L.). — *Le tourisme en automobile,* par Léon Auscher. Préface de M. L. Baudry de Saunier (in-8°, 240 × 150 de X-463 p. avec 140 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43277

Technologie générale.

Exposition internationale de l'habitation. Paris 1903. Plans et Maquettes de la Société d'Épargne des Retraites. Grand diplôme d'honneur (in-4°, 285 × 230 de 16 p. avec 94 pl.). Paris, Ch. Gillot, 1904. (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 43311

J.-B. — *Formulaire des Centraux. Résumé par ordre alphabétique des Cours et Projets de l'École Centrale,* augmenté de Tables usuelles et d'un Abrégé de législation, par J.-B. (in-16, 150 × 110 de 314 p. et 250 pages de figures et pages blanches pour notes particulières). Deuxième édition, revue, corrigée et complétée. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. (Don de l'éditeur.) 43305

Liébaut (A.). — *Conservatoire national des Arts et Métiers 1900-1902. Rapport général du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers, sur l'état du Conservatoire, le fonctionnement des services et les résultats de l'enseignement.* (Application de l'article 15 du décret organique du 19 mai 1900). M. A. Liébaut, rapporteur. (Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes) (in-8°, 235 × 155 de 46 p.). Paris, Imprimerie des Journaux officiels. (Don de M. le Directeur du Conservatoire.) 43292

Liébaut (A.). — *Conservatoire national des Arts et Métiers, 1903. Rapport général du Conseil d'administration du Conservatoire national des Arts et Métiers, sur l'état du Conservatoire, le fonctionnement des services et les résultats de l'enseignement.* (Application de l'article 15 du décret organique du 19 mai 1900) M. A. Liébaut, rapporteur (in-8°, 245 × 160 de 56 p.). Paris, Imprimerie Vuibert et Nony. (Don de M. le Directeur du Conservatoire). 43281

Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers; with other Selected and abstracted Papers, Vol. CLV, 1903-4. Part. I (in-8°, 215 × 140 de vii-552 p. avec 6 pl.). London, Published by the Institution, 1904. 43242

Travaux publics.

Annales des Ponts et Chaussées, 1re Partie. Mémoires et documents. 73e année. 8e série. Tome XII. 1903. 4e trimestre (in-8°, 255 × 165 de 272 p. avec pl. 36 à 39). Paris, E. Bernard. 43234

Cabello y Lapiedra (L.-Ma). — *VI. Congrès international des Architectes. Madrid. Avril 1904. Thème V. La propriété artistique des œuvres d'architecture,* por Luis Ma Cabello y Lapiedra (in-8°, 235 × 160 de 15 p.). Madrid. M. Romero, 1904. (Don de M. Pedro Garcia Faria, M. de la S.). 43294

CABELLO Y LAPIEDRA (L.-Mª). — *VI. Congreso internacional de arquitectos. Madrid. Avril 1904. Habitaciones economicas. Consideraciones relativas a esta importante asunto dedicado al Congreso internacional*, por Luis Mª Cabello y Lapiedra (in-8°, 255 × 180 de 39 p.). Madrid, M. Romero, 1904. (Don de M. Pedro Garcia Faria, M. de la S.). 43295

CABELLO Y LAPIEDRA (L.-Mª). — *VI. Congreso internacional de arquitectos. Madrid. Abril 1904. Tema II. De la Conservación y Restauración de los Monumentos arquitectonicos Conclusiones a dicho tema presentadas*, por el arquitecto Luis Mª Cabello y Lapiedra (in-8°, 235 × 155 de 16 p.). Madrid, M. Romero, 1904. (Don de M. Pedro Garcia Faria, M. de la S.). 43293

VIe Congrès international des Architectes. Conclusions des Rapports présentés jusqu'à cette date. Madrid, 2 d'avril de 1904 (in-8°, 210 × 150 de 23 p.). Madrid, M. Romero, 1904. (Don de M. Pedro Garcia Faria, M. de la S.). 43296

HUSBAND (J.). — *The aesthetic Treatment of Bridge Structures*, by Joseph Husband. With an abstract of the discussion upon the paper (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXLV. Session 1900-1901. Part III) (in-8°, 205 × 130 de 109 p. avec 56 fig. et 2 pl.). London, Published by the Institution. 1901. (Don de l'auteur, M. de la S.). 43256

LE CHATELIER (H.). — *Essais des matériaux hydrauliques*, par H. Le Chatelier (Encyclopédie scientifique des Aide-mémoire) (in-8°, 190 × 120 de 160 p.). Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1904. (Don de l'éditeur.) 43246

MIGNARD (R.) et CORDEAU (A.-L.). — *Guide des Constructeurs. Traité complet des connaissances relatives aux constructions*, par R. Mignard (7e édition). *Couverture, Plomberie, Fumisterie, Peinture et Vitrerie*, par A.-L. Cordeau (in-8°, 325 × 250 de 494 p. avec 513 fig. et 9 pl.). Paris, Émile Lévy. (Don de M. L. Cordeau, M. de la S.). 43237

ROLOFF (P.). — *Inhalts-Verzeichnis der Jahrgänge 1851 bis einschl. 1900 (Band 1 bis L) der Zeitschrift für Bauwesen.* Herausgegeben im Ministerium der Öffentlichen Arbeiten. Bearbeitet von P. Roloff (in-4°, 350 × 255 de 63 pages à 3 colonnes). Berlin, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, 1904. 43248

WAUTERS (C.). — *El cemento armado en República Argentina Depósito para agua filtrada en Tucumán.* Conferencia dada en El « Centro nacional de Ingenieros » y publicada en los números 21 y 22 de « La Ingenieria » de 15 y 30 de Noviembre de 1903, por Carlos Wauters (in-8°, 265 × 180 de 56 p. avec 18 fig. et 4 pl.). Buenos Aires, Imprenta de la Fabrica « La Sin Bombo », 1904. (Don de l'auteur.) 43233

PORTEFEUILLE INDUSTRIEL

1re Section : **Travaux publics et privés.**

Construction du Pavillon du pesage et du Pavillon du garde à l'Hippodrome de Longchamp. (6 plans.) (Don de M. G. Courtois, M. de la S.). 2

Construction d'une maison dans la propriété de M. H. Garnier, rue Nicole et rue des Feuillantines prolongée. (9 plans.) (Don de M. G. Courtois, M. de la S.). 3

Construction d'une maison dans la propriété de M. H. Garnier, rue Saint-Jacques et rue des Feuillantines prolongée. (3 plans.) (Don de M. G. Courtois, M. de la S.). 4

Construction d'une maison dans la propriété de Mme Maitre, rue Lantiez. (2 plans.) (Don de M. G. Courtois, M. de la S.). 5

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1904, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

H.-J.-Ch.	Adt,	présenté par MM.	Couriot, d'Anthonay, Barbet.
E.	Besenzanica,	—	Couriot, Moreau, Gadouleau.
A.-J.-E.	Crolard,	—	Couriot, Blanchet, Pinat.
E.	Gaultier,	—	Bouvard, Gouguet de Girac, Cottavoz.
F.-L.	Godet,	—	Jeunet, Patouillard, Lapersonne.
H.-E.	Marette,	—	M. Delmas, Demmler, Dupuis.
L.	Naudet,	—	Couriot, Arachequesne, Barbet,
H.	Noack-Dollfus,	—	Couriot, Moreau, Candlot.
A.-L.-J.	Queneau,	—	Couriot, Parsons, Suplee.

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

R. Benjumea, présenté par MM. Crusat, Fuentes, de Dax.

Comme Membre Associé, M. :

L.-G. Janrot, présenté par MM. Le Bel, Petitjean, Schneider.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1904

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 MAI 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à 8 heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de :

M. E. Godfernaux, ancien Élève de l'École Polytechnique (1854), Membre de la Société depuis 1861, Chevalier de la Légion d'honneur, Ingénieur Civil des Mines, ancien Ingénieur en chef de la Société de constructions des Batignolles ;

M. F. Pottier, ancien Élève de l'École Centrale, l'un des Fondateurs de la Société, Chevalier de la Légion d'honneur, ancien Ingénieur du matériel et de la traction des Chemins de fer de l'Est, constructeur de fours à coke, cheminées d'usines, etc. ;

M. L. Dru, Membre de la Société depuis 1869, Officier de la Légion d'honneur, ancien Entrepreneur de travaux de sondages et recherches de mines, Membre de la Société nationale d'Agriculture de France;

M. Ch. Chancerel, ancien Élève de l'École Centrale (1850), Membre de la Société depuis 1860, ancien Contrôleur du matériel des Chemins de fer des Ardennes, Ingénieur Civil.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par le deuil qui les frappe, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes :

Ont été nommés :

Chevalier de la Légion d'honneur : M. J. Ruelle;

Officier d'Académie : M. Rosenstock;

Chevaliers du Mérite agricole : MM. D. Adam, F.-A. Bursaux, E.-F. Baldauff;

Commandeur de l'Ordre royal du Christ de Portugal : M. A. Collot;

Chevalier de l'Ordre de la Couronne de Chêne : M. Ph. Fougerolle.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus. Cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

L'Administration de l'Exposition de Saint-Louis nous a transmis le nouveau règlement relatif au concours d'aéronautique qui doit avoir lieu pendant cette Exposition.

Ces documents sont déposés au Secrétariat.

M. le Président fait connaître que le voyage à Saint-Louis a été organisé dans des conditions analogues à celles du voyage qui fut effectué, en 1893, à l'Exposition de Chicago.

La circulaire donnant tous les renseignements sur la partie matérielle et sur les itinéraires que nos Collègues auront la possibilité de choisir, va être envoyée incessamment. Il espère que, comme en 1893, nombreuse sera la délégation des Ingénieurs français qui se rendront aux Etats-Unis.

Nous nous sommes assuré, au point de vue technique, le concours de nos Collègues des États-Unis, qui organiseront, dans les régions et villes où nous séjournerons, des visites aussi instructives qu'intéressantes.

M. le Président fait également connaître que l'excursion dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais, dont il a été précédemment parlé, est entièrement organisée.

La circulaire va également être envoyée

M. le Président espère que le nombre des visiteurs sera considérable, car les Compagnies des Mines d'Anzin, de Bruay, de Marles et de Lens, dont nous devons visiter les installations au cours de cette excursion, se préoccupent de nous organiser un programme dont l'intérêt sera des plus considérables.

La Société d'Économie politique nous prie d'annoncer qu'elle décernera, en 1906, le Prix Frédéric Passy, consistant en une médaille d'argent et une somme de 500 f. Les renseignements sont déposés à la Bibliothèque.

M. le Président est heureux de faire part à la Société des excellents résultats de la fête de bienfaisance donnée dans l'hôtel le samedi 16 avril 1904.

Connaissant les sentiments qui animent tous les Membres de la Société, M. le Président n'en avait pas, du reste, douté un seul instant. De tous côtés il a été répondu à son appel et de nombreux Collègues, résidant en province et même à l'étranger, dans l'impossibilité où ils étaient de prendre part à la fête, ont adressé des témoignages de sympathie sous la forme de dons qui sont venus augmenter encore les encaissements provenant des cartes prises pour le bal.

Il tient, au nom de la Société tout entière, à remercier du fond du cœur tous ces généreux donateurs qui ont montré combien sont étroits les liens de solidarité qui unissent les Membres de la grande famille du Génie Civil.

Dès 10 heures du soir, de nombreux invités, reçus à l'entrée par les Membres du Bureau et du Comité, se pressaient dans la salle des séances absolument transformée et qu'auraient difficilement reconnue ceux qui ne fréquentent que les réunions scientifiques de la Société.

M. le Président espère que chacun aura conservé la meilleure impression de cette fête.

Il doit, à cette occasion, adresser plus spécialement ses bien vifs remerciements à MM. Léon Appert, Robineau et Clémançon, qui ont contribué tant à l'établissement des souvenirs distribués à toutes les personnes présentes qu'à la décoration de la salle. Il exprime également toute sa gratitude aux dames qui, officieusement, ont donné leur gracieux concours au placement des billets et ont ainsi contribué à accroître le succès de la soirée tout en lui donnant un cachet tout particulier de distinction.

Les résultats de cette fête seront des plus utiles pour notre fonds de secours, car ils nous permettent de doubler la modeste somme dont nous disposons annuellement pour cet usage. La recette totale, en effet, a été de 6 300 f environ, laissant un excédent net de 3 400 f.

M. G. Richard signale les communications particulièrement intéressantes qui seront faites incessamment à la Société d'Encouragement pour l'avancement des Sciences, par MM. Alliévi et Rateau, sur la Théorie des perturbations hydrodynamiques dans les conduites d'eau sous pression, et les coups de bélier.

Il invite les membres de la Société des Ingénieurs Civils de France à vouloir bien y assister. Le meilleur accueil leur y est assuré.

M. Ed. Candlot a la parole pour sa communication sur *les Progrès de l'industrie du ciment.*

M. Ed. Candlot dit que le ciment Portland a été découvert vers 1820 par un briquetier des environs de Londres, J. Apsdin, mais les premières usines livrant couramment ce ciment ne datent que de 1840. Jusqu'en 1880, les progrès de cette industrie sont peu importants; à partir de cette époque, on perfectionne les fours, puis les procédés de mouture; enfin, dans ces dernières années, l'introduction du four rotatif apporta de notables améliorations dans la fabrication.

Le ciment Portland est obtenu par la cuisson d'un mélange de carbonate de chaux et d'argile cuit jusqu'à ramollissement, puis réduit en poudre fine.

Les trois phases de la fabrication sont : la préparation des matières, la cuisson, la mouture.

Le mélange des matières premières se fait par voie humide ou par voie sèche. Dans le premier cas, on utilise des calcaires tendres, qui se délayent facilement dans l'eau; la pâte claire sortant des délayeurs passe dans des bassins doseurs où l'on rectifie le dosage du mélange s'il y a

lieu. De là, enfin, la pâte est envoyée par des pompes aux bassins de décantation ou aux fours-séchoirs.

Quand on emploie la voie sèche, on réduit en poudre fine les matières à mélanger qui ont été préalablement desséchées complètement; puis on les moule sous forme de briques rectangulaires. Ces briques sont séchées et portées au four.

Quelle que soit la méthode employée, on doit obtenir un mélange de composition chimique absolument constante et d'une homogénéité parfaite.

La cuisson s'effectuait autrefois dans des fours dits intermittents; maintenant on utilise à peu près exclusivement des fours à marche continue. Ces fours sont des systèmes Dietzsch, dit à étages, Schneider, Timme, Hoffmann, etc. Dans ces fours on obtient des roches de ciment frittées, très dures, plus ou moins volumineuses.

Depuis quelques années, le four rotatif tend à se substituer aux fours fixes. Ce système a été mis au point en Amérique, par un Français, M. P. Giron. Les fours américains ont généralement 18 m de longueur, 1,80 m de diamètre, et sont chauffés au charbon pulvérisé.

En Europe, on a donné au four rotatif des dimensions plus grandes; la longueur a été portée jusqu'à 32 m, et le diamètre à 2,10 m. Le rendement des fours américains, qui était de 20 t seulement par vingt-quatre heures, atteint 30 à 40 t avec les fours de 32 m. En Amérique, d'ailleurs, on commence à construire des fours beaucoup plus grands encore, dont le rendement atteindrait plus de 100 t par vingt-quatre heures.

Le four rotatif permet de supprimer une grande partie de la main-d'œuvre, mais, jusqu'à présent, il dépense plus de combustible que les fours fixes; avec ceux-ci, on arrive à cuire avec 18 0/0 de combustible, tandis qu'avec le four rotatif il faut compter sur une dépense de 30 à 35 0/0 de charbon. Mais on peut prévoir que des perfectionnements seront apportés à ce système de four, et que l'on arrivera à réduire très sensiblement la dépense de combustible.

Le broyage du ciment s'effectue à l'aide de concasseurs, puis de broyeurs à boulets et de tubes finisseurs. Les meules ordinaires, exclusivement employées autrefois, tendent à disparaître.

Les concasseurs sont du type Blacke ou Gate. Les broyeurs à boulets sont construits par Krupp, Lohnert en Allemagne, Dalbouze en France, etc. Il en est de même des tubes broyeurs. On emploie aussi, en Amérique surtout, le broyeur Griffin.

Quand on utilisait les meules, le ciment devait être ensuite bluté, et on employait des bluteries ordinaires bien connues. Les broyeurs à boulets permettent de supprimer la bluterie; cependant, on se sert souvent de séparateurs à la suite des broyeurs à boulets; ceux-ci ne servent que de dégrossisseurs, et la poudre qu'ils produisent doit passer au tube finisseur, qui la réduit à la finesse voulue; le séparateur enlève la poudre suffisamment fine sortant du broyeur, et n'envoie au tube que les parties encore trop grosses. Dans les séparateurs, la poudre fine est enlevée par un courant d'air; le plus connu est celui de Mumford et Moodie.

La quantité de ciment fabriqué annuellement peut être estimée de 12

à 13 millions de tonnes; les États-Unis en produisent plus de 3 millions de tonnes, l'Allemagne 2,5 millions, l'Angleterre 1,5 million; puis viennent : la Russie, la France, l'Autriche, la Suisse, le Danemark, la Suède. On fabrique aussi du ciment Portland en Italie, en Roumanie, en Égypte, en Australie, en Nouvelle-Zélande, en Chine, au Japon, en Indo-Chine.

M. le Président félicite M. Candlot de sa très intéressante et très documentée communication,

L'emploi d'injection d'air avec le charbon pulvérulent, pour le chauffage des fours tournants, lui parait offrir un intérêt tout particulier.

Il demande à M. Candlot s'il connait exactement les raisons qui ont été cause que ce genre de chauffage, avec des charbons fins, c'est-à-dire à bon marché, n'ait pu être appliqué jusqu'à ce jour, avec succès, pour le chauffage des générateurs, notamment.

M. Ed. Candlot croit que cet insuccès doit être attribué en partie aux températures trop élevées que l'on obtient par ce procédé.

M. J. Deschamps exprime l'opinion que cet emploi du charbon pulvérisé est également trop coûteux, à cause du broyage régulier qu'il est nécessaire de faire subir au charbon.

M. Ed. Candlot répond qu'il estime de 1 à 2 f la tonne les frais nécessités par le broyage d'une tonne de charbon contenant de 5 à 6 0/0 d'eau.

Vu l'heure avancée, la communication de M. G. Hersent, sur *la République Argentine, son développement commercial et industriel, ses chemins de fer; Buenos-Ayres, son port; Rosario, étude de ce dernier,* est remise à la séance du 3 juin.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-J.-A. Crolard, E. Gaultier, H.-E. Marette, R. Benjumea.

MM. H.-J. Adt, B. Besenzanica, F.-L. Godet. L. Naudet, H. Noack-Dollfus, A.-J.-L. Queneau, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

M. L.-C. Janrot, comme Membre Associé.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

L'un des Secrétaires techniques,
P. Portier.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 MAI 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à huit heures trois quarts.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de :

M. L.-H. Bonnard, Membre de la Société depuis 1903, ancien officier de Marine ;

M. J.-M.-A. Chambrelent, ancien Élève de l'École Centrale (1889), Membre de la Société depuis 1890, Directeur du Service Topographique de la Maison Hachette et Cie ;

M. J.-P.-E. Martinez, ancien Élève de l'École Centrale (1892), Membre de la Société depuis 1894, Entrepreneur de Travaux en ciment ;

M. J.-A-V. Robin, Membre de la Société depuis 1895, Industriel (travaux de canalisations et de couvertures) ;

M. C. Thurillet, ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Aix (1885), Membre de la Société depuis 1902, Ingénieur-Constructeur, spécialité pour mines et usines métallurgiques.

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par le deuil qui les frappe, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. P. Hanrez vient d'être promu officier de l'Ordre de Léopold. Il lui adresse les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

M. le Président est heureux de faire connaître à ses Collègues que M. G. Canet, ancien Président, vient généreusement de faire don à la Société d'une somme d'environ 40 000 f.

Les revenus en seront affectés à la fondation d'un prix triennal consistant :

Le premier, en une médaille d'or ;

Le suivant, en une somme de 6 000 f en espèces et ainsi de suite, tous les trois ans. Les règlements et attributions de ces prix seront déterminés ultérieurement.

M. le Président demande à la Société de s'associer aux remerciements que le Comité vient de voter à M. G. Canet.

Des remerciements chaleureux sont votés à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans la séance du 2 février 1900, la Société avait été informée que feu notre Collègue, M. Hunebelle, lui avait légué une somme de 30 000 f. Par suite de circonstances particulières, indépendantes de la Société, l'autorisation préfectorale n'a été délivrée que le 11 décembre 1903, et c'est seulement il y a quelques jours que la Société a pu entrer en possession des fonds qui lui ont été légués et qui vont être placés en rentes sur l'État.

M. le Président est heureux de saisir de nouveau cette occasion pour remercier la famille de M. Hunebelle et l'assurer que le souvenir de notre regretté Collègue reste toujours vivant parmi nous.

La Société Industrielle du Nord de la France vient de publier le programme des questions proposées pour le concours de 1904.

Ces questions se répartissent ainsi qu'il suit :

32 pour le Comité du Génie civil, des Arts mécaniques et de la Construction ;

40 pour le Comité de la filature et du tissage ;

93 pour le Comité des arts chimiques et agronomiques ;

20 pour le Comité du commerce, de la banque et de l'utilité publique.

La Société décernera, en outre, s'il y a lieu, des prix spéciaux.

Le programme détaillé est envoyé franco sur demande adressée à M. le Secrétaire de la Société Industrielle, 116, rue de l'Hôpital-Militaire, à Lille.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'à l'occasion du procès-verbal de la séance du 6 mai, M. Lencauchez lui a adressé la lettre suivante :

Paris, 23 mai 1904.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

J'ai l'honneur de vous faire remarquer qu'au paragraphe 131, page 151, de mon ouvrage de 1878 sur *Les Combustibles et le chauffage par les gaz*, on trouve l'historique des tentatives faites depuis 1850 jusqu'en 1878 pour brûler, comme gaz, *les combustibles réduits en poudre impalpable, et principalement les essais faits par feu Crampton, l'inventeur de la locomotive qui a illustré son nom.*

Veuillez agréer, etc.

A. LENCAUCHEZ.

M. G. HERSENT a la parole pour sa communication sur *la République Argentine, son développement commercial et agricole, ses chemins de fer, Buenos-Aires, son port, Rosario, étude de ce dernier.*

M. G. HERSENT dit que sa communication a pour but d'exposer les motifs qui ont amené le Gouvernement Argentin à créer un grand port maritime à Rosario, de décrire les travaux que l'on y exécute actuellement et l'outillage puissant dont on y disposera, en insistant sur les ouvrages les plus importants, tels que la régularisation du Parana en face le port, la construction des quais, l'installation des silos et de l'élévateur à grains.

M. Hersent donne d'abord un aperçu général de la situation géographique et économique de la République Argentine : la superficie du pays est de 295 millions d'hectares, ou cinq fois celle de la France; sa

population de 5 millions d'habitants s'accroît constamment par l'immigration européenne, que la salubrité du climat favorise ; c'est ainsi que le nombre d'habitants s'est augmenté de 40 0/0 dans ces dix dernières années. Il ressort des données statistiques sur la production agricole du sol, que l'Argentine est loin de donner son maximum de rendement, puisque la surface cultivée atteint à peine 8 0/0 de la surface cultivable et que les récoltes en blé, maïs et lin des provinces de Buenos-Aires, de Santa-Fé et de l'Entre Rios sont en augmentation constante. Elles ont permis d'exporter, en 1903, près de 4 500 000 t de céréales, soit le double de l'année précédente, et l'exportation des céréales pendant les trois premiers mois de 1904 donne déjà une progression de 59 0/0 sur le chiffre des mois correspondants de 1903.

Le troupeau argentin constitue une autre des richesses du pays; ses produits sont exportés et vendus sur les marchés d'Europe, où ils font concurrence à ceux des États-Unis et de l'Australie.

Les chemins de fer qui ont accéléré ce développement rapide de l'Argentine comptent plus de 17 000 km de voies et le capital engagé pour leur construction représente une somme de 2 700 millions de francs.

M. G. Hersent parle de Buenos-Aires, capitale de la Confédération Argentine, qui est, après New-York, Chicago et Philadelphie, la plus grande ville du continent américain; elle comptait 76 000 âmes en 1852, et elle en a aujourd'hui 900 000. Son commerce s'est accru avec une rapidité extraordinaire depuis vingt-cinq ans; cet essor est dû à la constrution de son nouveau port, qui fut commencé en 1885, et fut livré en partie à l'exploitation en 1889. Les travaux ont coûté 190 millions de francs, et on peut juger des résultats appréciables obtenus, puisqu'en 1902, le mouvement du port atteignait 9 millions de tonnes de jauge pour l'entrée et la sortie des navires, alors qu'avant la création du port, en 1880, ce chiffre n'était que de 644 570 t.

De cette ville, M. G. Hersent décrit ensuite le cours du Parana, fleuve immense, comparable à l'Amazone, et accessible aux navires d'outre-mer jusqu'à 500 km en amont de Buenos-Aires.

Sur son cours se trouve Rosario de Santa-Fé, la ville la plus importante de l'Argentine après Buenos-Aires. Elle compte 120 000 habitants, et elle est le grand centre d'exportation pour les produits des provinces de l'intérieur et particulièrement pour les céréales. Le Parana est pour elle une voie de communication de premier ordre, qui la relie à la mer dans des conditions telles que les transatlantiques peuvent y accéder aussi facilement qu'à Buenos-Aires, tandis que les navires spéciaux de la navigation fluviale y apportent les produits des provinces intérieures concurremment avec les chemins de fer dont les nombreuses lignes rayonnent dans toutes les directions. Ces conditions exceptionnelles ont fait de Rosario un grand port intérieur, analogue à Rouen, Anvers, Hambourg ou Rotterdam; situé à 300 km de Buenos-Aires, il ne saurait lui faire concurrence, et il se suffit à lui-même en exportant les productions des provinces environnantes, ou en y important les produits du dehors. Pour ces raisons, il était de toute nécessité d'aménager ce port, afin qu'il réponde à des besoins de plus en plus grands et puisse assurer un service d'exploitation économique; cet intérêt, le Gouverne-

ment Argentin l'a parfaitement compris, et, dans ce but, il a mis au concours un projet pour la construction et l'exploitation du port. A la suite de ce concours, les travaux furent concédés, à la fin de 1902, à MM. Hersent et fils et MM. Schneider et Cie.

Ces travaux comprennent plus particulièrement :

La régularisation du cours du fleuve devant le nouveau port, — problème assez complexe, puisqu'il a pour but d'assurer le maintien, au moyen d'ouvrages de protection, de la situation actuelle du partage des eaux entre les deux bras que le Parana forme en cet endroit, et ensuite d'approfondir à 7 m sous zéro le chenal le plus rapproché de la ville, où les grands navires doivent pouvoir venir à quai :

La construction de 3 500 m de quais en bordure du fleuve et d'un bassin de cabotage de 370 m de pourtour :

La construction et l'aménagement des terre-pleins du port, la construction des voies charretières, des voies ferrées et gares de triage, celle de hangars et magasins présentant une surface totale de 52 000 m² et permettant d'abriter un volume de 200 000 m³ de marchandises.

Un élévateur à grains avec 120 silos pouvant emmagasiner 30 000 m³ de céréales, en vrac, et possédant un outillage de manutention d'une puissance sans exemple dans aucune installation, pourra notamment effectuer les opérations suivantes :

Recevoir par voies ferrées 500 t de céréales en une heure, les peser et les mettre en silos ;

Recevoir par bateau 50 t de céréales à l'heure, les peser et les mettre en silos ;

Expédier par bateau 1 000 m³ de céréales, en vrac, soit 800 t à l'heure, y compris pesage (250 m³ de cette quantité pouvant être expédiés en sacs) ;

Ensacher les céréales provenant des silos à raison de 100 m³ à l'heure et les expédier par voies ferrées. Enfin nettoyer et sécher les grains au gré du client ; toutes opérations qui peuvent s'effectuer en même temps ;

Une station génératrice d'électricité produira, sous une tension de 600 volts, le courant nécessaire pour l'éclairage et la force motrice. Cette usine, comprenant cinq groupes électrogènes Schneider d'une puissance totale de 1 500 ch, sera établie à proximité de l'élévateur. Le courant continu sera distribué par des canalisations à trois conducteurs, et une batterie d'accumulateurs, d'une capacité de 90 ampère-heures, fournira le courant en cas d'arrêt des machines :

Enfin tout l'outillage de manutention comprenant trente-cinq grues électriques mobiles d'une puissance de 1 500 kg, et deux grues, l'une de 10 et l'autre de 30 t de puissance.

Après la description détaillée des travaux les plus importants, avec des projections à l'appui, M. G. Hersent résume les conditions d'exploitation du nouveau port, régime très libéral et très approprié au trafic important qu'il a à desservir et dont l'influence ne peut qu'être favorable à son développemment ultérieur.

Ces grands travaux, dont le coût sera de 58 millions de francs, réaliseront un nouveau progrès très notable dans l'outillage national de la République Argentine, et placeront Rosario dans des conditions ana-

logues à Buenos-Aires, au point de vue de l'importation et de l'exportation. Il en résultera une notable économie dans les transports, et le pays tout entier en bénéficiera par la mise en valeur de territoires plus éloignés.

En terminant, M. G. Hersent fait observer que les grandes améliorations maritimes dont il a donné la description vont être réalisées pour une somme relativement très faible et sans que l'État argentin ait eu à intervenir dans les dépenses. Le Gouvernement sera pourtant le premier à en profiter, d'abord indirectement par le développement de la mise en valeur du pays, puis, d'une façon plus directe, par la participation qu'il recevra dans les bénéfices de la Société concessionnaire et par la propriété gratuite du port qui lui reviendra en fin de concession. C'est là un exemple très intéressant de ce que peut faire l'initiative privée, quand on y fait appel et quand elle est bien secondée.

Cette communication avait également pour objet de montrer aux Membres de la Société des Ingénieurs Civils de France quel vaste champ de travaux et d'industries nouvelles offre actuellement la République Argentine et quel débouché important elle peut ainsi devenir pour nos industriels et nos Ingénieurs de toutes catégories.

M. Le Président remercie M. G. Hersent de sa très intéressante et très complète communication. Les nombreux travaux qui s'exécutent en ce moment dans la République Argentine fournissent des éléments qui ne peuvent être mis en valeur que par des Ingénieurs. Le commerce français trouverait de grands avantages à développer ses relations avec la République Argentine; l'industrie française y trouverait également des débouchés.

On doit donc remercier doublement M. G. Hersent pour avoir attiré l'attention de notre Société sur ces points intéressants. Il continue, en même temps, les excellentes traditions de notre regretté Président, M. H. Hersent, qui ne manquait jamais de nous entretenir des travaux qu'il exécutait dans le monde entier.

M. E. Cacheux a la parole pour une communication sur *les Habitations à bon marché.*

M. E. Cacheux estime qu'il y a lieu d'attirer l'attention des Ingénieurs civils sur la question des petits logements, parce que, d'une part, la loi du 30 novembre 1894 sur les habitations à bon marché va être remaniée, et que, d'autre part, la ville de Paris manifeste l'intention de construire et d'exploiter, pour son compte, des maisons à petits logements.

Avant de donner son avis sur la marche qu'il y aurait lieu de suivre pour faciliter l'action de l'initiative privée, M. Cacheux passe en revue ce qui a été fait, en France et à l'étranger, pour loger convenablement le travailleur.

Tout d'abord il démontre, par de nombreuses projections, que, dans tous les pays civilisés, on a étudié des types de maisons qui permettent de loger, dans de bonnes conditions, les ouvriers et petits employés; mais partout on rencontre les mêmes difficultés, c'est-à-dire l'éloignement des capitalistes pour les placements relatifs à l'exploitation de maisons à petits logements, et la rareté des terrains à bon marché.

En Angleterre, on a employé les épargnes des travailleurs pour construire les habitations destinées à les loger. On s'est servi, à cet effet, de la petite maison qu'ils pouvaient acquérir par annuités. Par suite du prix de revient élevé de la maison, on a employé des types de maisons à deux et même à trois étages, qui pouvaient être vendues à une personne qui habitait un étage et louait les deux autres, de façon à pouvoir payer la valeur de l'annuité fixée pour se libérer du prix d'acquisition, tout en étant logée, pour ainsi dire, gratuitement.

On a rendu ainsi des milliers d'ouvriers propriétaires. Il a été plus difficile de trouver des capitaux pour améliorer les anciennes maisons. C'est pourquoi le Conseil du Comté de Londres a démoli des quartiers entiers dans cette ville, et a construit des maisons modèles pour remplacer les taudis supprimés.

Le Conseil de Comté a consacré une cinquantaine de millions de francs pour bâtir des groupes de maisons de six étages. En présence du prix de revient élevé de ces maisons, il a commencé la création, dans les environs de Londres, de trois colonies dans lesquelles il pourra loger près de 10 000 familles, dont autant d'habitations individuelles.

L'exemple du Conseil de Comté de Londres a été suivi par un certain nombre de villes anglaises, mais il a trouvé peu d'imitateurs dans les autres pays. En Allemagne, une seule ville a démoli un quartier entier pour le reconstruire ; les autres municipalités allemandes préfèrent attirer la population des villes en dehors de leur périphérie en créant des quartiers nouveaux.

Si l'on voulait tirer parti, en France, de ce qui a été fait à l'étranger pour stimuler l'action de l'initiative privée, il faudrait modifier la loi du 30 novembre 1894, ainsi que le propose M. le sénateur Strauss, dans le projet de loi qu'il a déposé au Sénat, en demandant que le prix de revient des maisons susceptibles de bénéficier de ces avantages, soit élevé de façon à tenir compte de l'élévation de la valeur des bâtiments que l'on a constatée dans ces dernières années, par suite des progrès de l'hygiène.

Le jour où les constructeurs d'habitations à bon marché auront à leur disposition de l'argent dans de bonnes conditions, il leur faudra du terrain. Nous croyons que les municipalités françaises pourraient atteindre ce but, si elles suivaient l'exemple donné par les villes allemandes, c'est-à-dire si elles étendaient méthodiquement leur territoire à bâtir, en créant des quartiers nouveaux qu'elles relieraient à ceux du centre par des voies rapides et économiques. Ces terrains seraient vendus par annuités, avec obligation de tenir compte des lois de l'hygiène, de façon à empêcher la création de taudis comme il en existe dans toutes les villes.

Le jour où les constructeurs d'habitations à bon marché pourront obtenir de l'argent et du terrain dans de bonnes conditions, ils arriveront facilement à loger convenablement les travailleurs qui paient régulièrement leur loyer, mais ils ne s'occuperont pas de l'assainissement des quartiers encombrés qui se trouvent dans l'intérieur de presque toutes nos grandes villes. Cette tâche incombera aux municipalités; nous croyons qu'elles pourront l'accomplir sans avoir besoin de cons-

truire elles-mêmes et qu'il leur suffira de mettre en vente le terrain qu'elles obtiendront par la démolition d'ilots de maisons insalubres, pour trouver des acquéreurs qui s'engageront à y construire des habitations à bon marché, ainsi que l'a fait la Société des Habitations Économiques de la Seine, qui a pris l'engagement de construire des maisons modèles sur l'emplacement de la Roquette que lui cède le Conseil général de la Seine.

M. le Président remercie M. Cacheux de sa communication toute d'actualité. Cette question des habitations à bon marché se lie, en effet, à celle du développement des moyens de transport toujours à l'ordre du jour des travaux de la Société, et qui permettent à chacun de s'éloigner du centre des villes et de se loger à bon marché.

M. le Président remercie donc à nouveau M. Cacheux, tant de sa communication que des publications dont il vient de faire don à notre Société et qui seront consultés avec fruit dans notre bibliothèque.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. L.-G. Auscher, W.-J. Becker, E.-P.-F. Espinasse, P.-L.-V. Gallas, E.-F.-B. Hédin, V. Kreisler, P. Schwoerer, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de

M. A. Gay, comme Membre Sociétaire Assistant;

MM. A.-J.-A. Crolard, E. Gaultier, H.-E. Marette, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires;

M. R. Benjumea, comme Membre Sociétaire Assistant.

La séance est levée à 11 heures un quart.

L'un des Secrétaires techniques,
P. Portier.

LE BASSIN HOUILLER

DU NORD DE LA BELGIQUE[1]

PAR

Paul HABETS

INGÉNIEUR HONORAIRE DES MINES, DIRECTEUR-GÉRANT DES CHARBONNAGES DE L'ESPÉRANCE ET BONNE FORTUNE, A MONTEGNÉE,
PROFESSEUR ORDINAIRE A L'UNIVERSITÉ DE BRUXELLES

I. — Introduction.

La reconnaissance, en Belgique, d'un vaste gisement charbonnier nouveau a, pour l'industrie de ce pays, une importance capitale. Si l'on envisage, en effet, la production des charbonnages belges dans les différentes périodes décennales écoulées depuis 1830, on remarque qu'après des accroissements toujours plus marqués jusque dans la période 1871-1880, ces accroissements se sont réduits de plus en plus. Si l'on poursuit, dans son allure, le diagramme représentatif des variations de la production décennale, ainsi que l'indique la ligne pointillée de la figure ci-contre, on peut en déduire, par extrapolation, que la période de stagnation est relativement peu éloignée pour les anciennes exploitations de la Belgique, et l'on sait que dans l'histoire des bassins houillers (2), la période de stagnation est suivie d'une chute rapide. Celle-ci eût marqué le déclin de l'industrie belge; grâce à la mise à fruit des richesses récemment découvertes, on peut espérer revoir la courbe des productions décennales se relever à nouveau et amener en Belgique un nouvel essor de l'industrie, d'autant plus que les qualités de charbon reconnues sont précisément celles qui se font rares ou qui font même défaut dans les bassins houillers actuellement en exploitation, et pour lesquelles la Belgique est actuellement tributaire de l'étranger.

L'industrie sidérurgique de la région de Seraing s'alimente, en effet, pour partie, de charbons à cokes en Allemagne et les char-

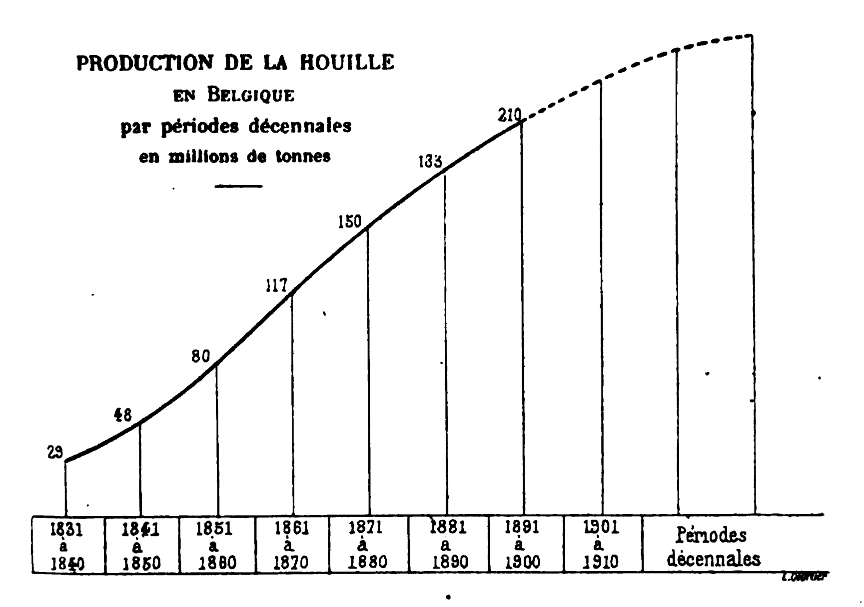
(1) Voir planches n°s 68, 69 et 70.

(2) Voir L. Bailly : *L'Avenir économique et financier de l'Industrie houillère et de la Sidérurgie en France.*

bons à gaz consommés en Belgique proviennent presque exclusivement des exploitations allemandes et françaises. Il y a donc un intérêt immédiat à la mise en exploitation des charbons découverts dans la Campine.

Ce ne sont pas seulement les Ingénieurs et industriels belges qui ont coopéré aux recherches qui, depuis bientôt trois ans, se poursuivent dans cette contrée; des industriels français ont également largement contribué aux explorations. Il est même intéressant de remarquer que l'on pourrait faire remonter, jusqu'à un certain point, à des Ingénieurs français, l'honneur d'avoir, les premiers, attiré l'attention sur les richesses houillères cachées dans le sol du nord de la Belgique.

En 1806, en effet, deux Français, Guillaume-Joseph Castiaux,



qui construisit à Anzin le premier cuvelage décagonal, et son frère Pierre-Joseph, se rendirent à Audenarde pour s'adjoindre, en Belgique, des adhérents à leur projet de rechercher la houille dans les environs de cette ville. Pourquoi Audenarde ? Nous en trouvons l'explication dans un rapport officiel de 1835, et il n'est pas sans intérêt de remarquer que cette explication est basée sur les idées les plus modernes qui ont cours en géologie et qui ont guidé les prospecteurs dans la reconnaissance du bassin houiller de la Campine.

Voici, en effet, ce que l'on peut lire dans un rapport du Com-

missaire du district De Jaegher au Gouverneur de la Flandre orientale (1) :

« Ils (les frères Castiaux) prétendirent que la ligne de mines » de houille qui s'étend sur notre continent de l'orient à l'occi- » dent, entre le 50e et le 51e degré de latitude depuis Juliers, » par Aix-la-Chapelle, Liège, Namur, Charleroi et Mons jusqu'à » Condé, correspond, par sa direction, à une ligne de mines de » même nature exploitée en Angleterre; qu'en ce dernier pays, » se trouve mise en rapport une seconde ligne de mines de » houille qui s'étend à un tiers de degré plus au nord, dans une » direction parallèle à la première; que des traces de cette » seconde ligne ont déjà été découvertes de ce côté à une lati- » tude proportionnellement égale dans le duché de Berg, d'Es- » sen vers Heysersweed et Crefeld, où quelques houillères ont » été mises en rapport ; que la supposition de la continuation de » cette seconde ligne est autorisée par l'existence de la première » et que, partant du principe que les couches de minerai comme » celles des terrains sont continues, il doit se trouver, sur un » tracé de distance égale à celle de Juliers à Crefeld, à travers » notre pays, une seconde ligne de mines de houille qui doit » passer par *Ruremonde*, sur *Brée*, *Diest*, Louvain, Bruxelles, Au- » denarde, Courtrai et Wervicke pour rejoindre celle prémen- » tionnée en Angleterre, en passant par la France où parait » exister une lacune. »

On ne dirait pas mieux aujourd'hui, sinon que l'on ne parlerait pas de Louvain, Bruxelles, Audenarde, Courtrai et Wervicke, et c'est précisément entre Brée et Diest que les découvertes les plus fructueuses ont été faites.

Depuis lors on est souvent revenu sur la probabilité de l'existence d'un bassin houiller dans le nord de la Belgique, notamment, en 1875, M. Julien de Macar et M. Renier Malherbe, à la suite d'études sur le bassin de Liège, en 1876 et 1877, M. Guillaume Lambert et M. André Dumont à la suite des recherches qui, depuis 1856, se poursuivirent dans le Limbourg hollandais, et en 1882, avec une grande précision, M. Gurlt, dans une note présentée à la Société d'histoire naturelle du Rhin et de la Westphalie. Ces derniers auteurs se basaient sur des considérations analogues à celles émises par les frères Castiaux.

On peut donc dire qu'il y a vingt-cinq ou trente ans, la pré-

(1) Voir *Annales des mines de Belgique*, t. V, 1900. — Extraits des rapports de M. Jacq, Ingénieur en chef, Directeur du 1er arrondissement des mines à Mons, page 247.

vision de l'existence d'un bassin houiller dans le nord de la Belgique était une opinion courante dans le monde des géologues et des ingénieurs.

Si des recherches n'ont pas été entreprises plus tôt, c'est qu'elles n'auraient eu qu'un intérêt purement scientifique, en raison de la grande puissance des morts terrains que l'on pouvait prévoir. Il fallait que les progrès de la technique minière permissent d'entreprendre avec sûreté des sondages à grande profondeur en traversant de fortes épaisseurs de terrains meubles et de projeter des puits en morts terrains aquifères de grande puissance.

La reconnaissance vers le nord du bassin westphalien et les grandes épaisseurs de morts terrains traversés par les puits qu'on y établit, de même que les recherches qui, entre temps, s'étaient poursuivies dans le Limbourg hollandais en se rapprochant de plus en plus de la frontière belge, devaient attirer l'attention des industriels sur le Limbourg belge où, depuis si longtemps, on soupçonnait l'existence de richesses houillères.

II. — Les travaux de recherche.

Les premières recherches furent celles que M. Jules Urban entreprit en 1897 à Lanaeken. Un premier sondage (n° 43 de la carte, *Pl. 68*) dut être abandonné par suite d'un accident d'outil, un second fut repris à côté. Ce dernier, après avoir recoupé quelques mètres de schiste houiller, atteignait, en avril 1898, le calcaire carbonifère à 277 m de profondeur.

Dès que ce résultat fut connu, la Société Géologique de Belgique mit à son ordre du jour la question de la probabilité de la présence du terrain houiller au nord du bassin de Liège et, dans les séances des 19 février et 18 juin 1899, MM. Max Lohest, H. Forir, A. Habets et d'autres (1) présentèrent une série de communications qui ont puissamment contribué à imprimer une impulsion énergique aux recherches qui s'effectuèrent en Campine.

Nous venons de voir que le sondage de Lanaeken entama le premier le terrain houiller du nord de la Belgique, sans toutefois y rencontrer le charbon. La faible épaisseur de schistes houillers traversée et le voisinage du calcaire carbonifère, conduisirent les prospecteurs à conclure qu'ils avaient touché le bord sud du bassin espéré. En vue de poursuivre leurs recherches vers le

(1) Voir *Annales de la Société Géologique de Belgique*, t. XXVI.

nord, ils sollicitèrent et obtinrent, le 28 septembre 1899, de la commune de Mechelen-sur-Meuse, l'autorisation de sonder sur son territoire. La mort de M. Urban arrêta les recherches, qui eussent certainement abouti à la découverte de riches couches de charbon, on peut l'affirmer aujourd'hui, d'après les résultats obtenus dans cette région.

Au début de 1899, une autre Société de recherches, constituée par M. André Dumont, entreprenait un sondage à Eelen, près de Maeseyk, à 20 km environ au nord de Lanaeken. Ce forage, après de grandes difficultés, recoupa, à 640 m, des roches rouges rapportées au trias et au permien, dans lesquelles il se trouvait encore lorsqu'il fut arrêté à l'énorme profondeur de 878 m. On prétend aujourd'hui que ce sondage aurait pénétré de 11,50 m dans le terrain houiller. La tentative fut toutefois jugée malheureuse ; elle ne découragea cependant pas M. André Dumont, dont la persévérance mérite un juste hommage. Après avoir formé une nouvelle Société de recherches, il commença, au début de 1901, à proximité d'Asch, un nouveau sondage, qui atteignit le houiller en août 1901, à 532 m de profondeur et permit de retirer du sol le premier échantillon de houille campinoise.

Ce résultat heureux eut un grand retentissement : il fut le point de départ des recherches qui, depuis trois ans, se poursuivent dans les provinces de Limbourg et d'Anvers.

Le moment était éminemment favorable aux entreprises minières, à la suite de la prospérité extraordinaire de l'industrie houillère qui caractérisa les années 1900 et 1901. Aussi vit-on les principales Sociétés charbonnières du pays coopérer à la reconnaissance des nouveaux gisements, pendant que de nouvelles associations se formaient auxquelles participaient nombre de sociétés charbonnières et métallurgiques françaises et que les grands propriétaires fonciers faisaient exécuter des sondages dans leurs domaines, en vue de s'assurer les droits de préférence que la loi belge de 1837 accorde aux propriétaires du sol dans l'octroi des concessions.

Dès les premières découvertes, la Société Géologique de Belgique consacra une nouvelle séance, le 16 mars 1902, à l'étude du bassin de la Campine. C'est à cette séance que M. Max Lohest, le savant professeur de géologie de l'Université de Liège, se basant sur le parallélisme des rides de l'écorce terrestre, exposa que le bord sud du bassin du nord de la Belgique, auquel les recherches effectuées jusqu'alors assignaient, au nord de Hasselt,

une direction sensiblement est-ouest, devait s'infléchir vers le nord-ouest. L'arc armoricain de la chaîne hercynienne de Suess montre, en effet, cette inflexion qui se manifeste nettement dans la cuvette houillère des anciens bassins belges et leur prolongement en France, dans les départements du Nord, du Pas-de-Calais, et en Angleterre dans le bassin du Pays de Galles. Le bassin de la Campine devait, en supposant un parallélisme rigoureux, se relier en Angleterre au bassin du Yorkshire.

On doit reconnaître l'influence de cette conception dans le choix des emplacements des sondages qui furent entrepris peu après la séance précitée, et qui jalonnent une direction nord-ouest bien caractérisée, ayant pour point de départ la région antérieurement reconnue. Les résultats, ainsi que nous le verrons, ont entièrement justifié les déductions théoriques émises par M. Max Lohest, et ce fut une piquante réponse au dédain que certains professent pour les théories géologiques.

La zone explorée mesure 80 km de longueur et 12 à 20 km de largeur. Soixante-quatre sondages, dont certains ont été poussés à 1 000 et 1 200 m de profondeur, s'y échelonnent de la Meuse aux portes d'Anvers ; ils permettent, ainsi que nous allons le voir, de juger d'une façon très satisfaisante du gisement du nouveau bassin houiller et de son exploitabilité.

III. — **Résultats des recherches.**

A. — Configuration de la surface du sol primaire et étendue du bassin.

Les cotes de recoupe des roches primaires, toujours assez nettement marquées dans les sondages, ont permis de tracer la carte du relief du sous-sol primaire, par l'indication des courbes de niveau de sa surface de contact avec les terrains plus récents. Nous avons tracé ces courbes à une équidistance verticale de 100 m, en les rapportant au niveau de la mer sur la carte jointe à cette étude *(Pl. 68)*, d'après les résultats des sondages effectués dans la région campinoise. Les tracés ont été complétés pour les régions avoisinantes, d'après la carte de M. H. Forir (1), en ce qui concerne la Belgique, d'après les sondages effectués dans le Lim-

(1) H. Forir, *Le relief des formations primaires dans la basse et la moyenne Belgique, Annales de la Société Géologique de Belgique*, Tome XXVI, p. 130.

bourg hollandais (1); dans la Prusse rhénane, d'après les tracés de M. Wachholder (2) et des renseignements personnels recueillis sur les sondages effectués sur la rive gauche du Rhin; enfin, pour la Westphalie, d'après la carte publiée par M. Hans Mentzel (3). On peut ainsi se rendre compte des relations du nouveau bassin belge avec les bassins houillers voisins.

Les courbes sont très régulières dans leur allure générale, dans le bassin du nord de la Belgique; elles ont une direction sensiblement est-ouest dans le Limbourg, s'infléchissent très légèrement vers le nord dans la région est de la province d'Anvers, et reprennent leur orientation vers l'ouest un peu avant d'atteindre le méridien de Malines.

La pente kilométrique moyenne est de 20 à 22 m dans le Limbourg; le faisceau des courbes de niveau s'épanouit dans la province d'Anvers, où la pente kilométrique se réduit jusqu'à 16,50 m entre les localités de Kessel et de Vlimmeren, situées à l'extrême ouest de la zone explorée.

La régularité des courbes de niveau montre l'homogénéité de la formation primaire, qui a cédé uniformément à l'abrasion des mers secondaires. Dans la région nord-est du Limbourg, sur les bords de la Meuse, la régularité est moins grande, la surface du sol primaire est considérablement relevée, ainsi que l'ont montré les sondages 50 et 52. Dans le Limbourg hollandais, on observe un mamelonnement qui fait suite à ce soulèvement. M. Forir a démontré, par l'étude des morts terrains, dont les différentes assises sont affectées de dénivellations correspondantes, que l'on se trouvait en présence de grandes failles de direction sud-est nord-ouest, parallèles ou formant le prolongement de failles bien connues dans les exploitations des bassins de la Worm (Aix-la-Chapelle) et d'Eschweiler, telles que le Sandgewand, le Feldbis et le Münstergewand. Ces failles sont indiquées sur la carte, elles sont parallèles à la série des pointements éruptifs de l'Eifel, à l'axe de la grande voûte dévonienne de Worringen, qui sépare, à l'ouest de la vallée du Rhin, le bassin d'Erkelenz et le bassin westphalien, et enfin, à nombre de failles de ce dernier bassin, dont certaines produisent également des dénivellations dans la surface du terrain houiller.

(1) A. Habets, *Le bassin du Limbourg hollandais*, *Revue Universelle des Mines*, etc. 3e série, Tome LVI, 1901, p. 139.

(2) *Bericht über den VIII allgemeinen Bergmanstag*, Dortmund 11-14 septembre 1901.

(3) *Die Entwickelung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlen-Bergbaues*. Band I, Tafel XVI.

La limite sud du terrain houiller de la Campine peut être tracée avec une grande certitude sur la surface dont nous venons de faire l'étude, en se basant sur les résultats des sondages de Lanaeken (n° 43), de Hoesselt (n° 44), qui a pénétré sous les assises secondaires, dans les roches siluro-cambriennes du massif du Brabant; des forages pour eaux potables exécutés à Nieuwerkerken, au nord de Saint-Trond, à Louvain et à Malines, qui ont également touché ces roches, et enfin le sondage de Kessel, qui, à 573 m de profondeur, a atteint le calcaire carbonifère, et a percé 49 m de cette formation, pour s'enfoncer ensuite, jusqu'à la profondeur de 703 m, dans les roches dévoniennes. Cette limite, qui représente sur la surface du sol primaire l'affleurement du contact des strates du terrain houillier avec le calcaire carbonifère, doit passer un peu au sud de Lanaeken, où la base du houiller a été traversée. Elle suit une direction sensiblement est-ouest, passant à la hauteur de Bevers et de la station de Aelken, en laissant au sud les forages de Hoesselt et de Nieuwerkerken. Elle s'infléchit ensuite vers le nord, pour prendre la direction des plissements armoricains, passe près de Diest, au nord d'Aerschot, pour aboutir un peu au nord du sondage de Kessel. En poursuivant la même direction, elle doit laisser la ville d'Anvers au sud. Plus loin, elle s'infléchit sans doute vers l'ouest, pour épouser la forme concave vers le sud de l'arc armoricain. Le parallélisme des plissements reporte toutefois cette inflexion dans la mer du Nord, dans le voisinage de la côte d'Angleterre. La limite sud du bassin houiller de la Belgique aboutirait ainsi à l'extrémité sud du bassin houiller du Yorkshire.

A l'est de Lanaeken, la limite sud que nous venons de tracer, se raccorde à celle des bassins de Liège et du Limbourg hollandais, qui passe à l'ouest de Maestricht, ainsi que le montre la carte, sur laquelle nous avons également tracé la limite est des bassins d'Eschweiler, d'Aix-la-Chapelle et d'Erkelenz, et son raccord avec les affleurements sud du bassin westphalien. On voit clairement, sur notre carte, que ces divers bassins ne forment qu'un avec celui du nord de la Belgique, qui fait ainsi partie d'un vaste bassin qui couvre une grande partie du nord-ouest de l'Europe.

La limite nord du nouveau bassin houiller belge nous est encore inconnue, mais le raccord de sa limite sud avec celle du bassin du Yorkshire, dont les extensions vers l'est, sous les étages permiens, secondaires et tertiaires ne sont pas connues,

permet de considérer la limite nord de ce dernier bassin comme point de départ ouest de la limite septentrionale du grand bassin du nord-ouest de l'Europe. On peut se demander quelle est l'extension, vers l'est, de la selle du Cumberland, qui sépare, en Angleterre, les bassins houillers du Yorkshire et de Newcastle. Faut-il la racorder au soulèvement du primaire reconnu au centre du bassin crétacique de Munster par le sondage effectué à Vreden? (Ce sondage n'a traversé qu'un peu plus de 200 m de roches tertiaires et crétacées, et se trouvait encore, à 1 200 m, dans le Zechtstein.) Ou bien ce raccord doit-il se faire plus au nord, avec le soulèvement du Teutoburgerwald, qui a ramené à la surface du sol le terrain houiller à Ibbenbuhren? Il n'est pas possible de le préciser. Lès plissemsnts connus du bassin westphalien sont dirigés du nord-est au sud-ouest, comme ceux des bassins d'Aix-la-Chapelle et de Liège, suivant ainsi les allures de l'arc varisque, tandis que les directions relevées dans le bassin d'Ibbenbuhren et les soulèvements du Tentoburgerwald sont sud-est nord-ouest; ils sont d'ailleurs d'un âge beaucoup plus récent que celui de la chaîne hercynienne, puisqu'ils ont affecté les terrains crétacés. La selle du Cumberland n'est-elle pas, d'autre part, contournée à l'est par le terrain houiller, tout comme celui-ci contourne le massif siluro-cambrien du Brabant? Le bassin de Newcastle lui-même se rattacherait ainsi au grand bassin nord-ouest de l'Europe, qui s'étendrait sous la mer du Nord et se retrouverait sur le continent sous les formations récentes qui couvrent la Hollande et le nord de l'Allemagne, englobant le bassin d'Ibbenbuhren qui plonge au nord et dont la limite septentrionale est inconnue.

Il résulte de ces considérations, qu'en Belgique, toute la région comprise au nord-est de la limite sud que nous avons tracée, comporte comme sous-sol primaire, la formation houillère. On ne peut toutefois pas, dans l'état actuel de la technique minière, considérer toute cette étendue comme exploitable, en raison des difficultés d'exécution des puits au travers de morts terrains aquifères. Si l'on admet comme limite pratique la courbe de niveau du houiller à — 800 m sous le niveau de la mer, ce qui doit être considéré actuellement comme un grand maximum, la limite nord de la partie exploitable du nouveau bassin houiller passerait entre les sondages de Sandhoven (n° 39) et Vlimmeren (n° 57), un peu au sud du sondage de Gheel (n° 58), et au nord du sondage de Baelen Hoelst (n° 56), dans la province d'Anvers.

Dans la région nord de la province de Limbourg, les sondages de Helchteren (n° 60), de Biesen Ven (n° 30), de Gruitrode (n° 40), de Louwel (n° 6) et de Eelen (n° 31), ont tous rencontré les roches rouges au toit desquelles nous avons fait passer les courbes de niveau du sous-sol, parce que ce toit semble faire suite au sous-sol houiller dans l'abrasion produite par la mer crétacée. Des sondages précités, deux seulement, ceux de Biesen Ven et de Helchteren ont traversé les roches rouges et ont pénétré dans le terrain houiller sur lequel elles reposent. L'épaisseur des formations permo-triasiques, auxquelles ces roches rouges sont rapportées, est de 14 m au premier de ces sondages, et de 174,50 m au second. Les sondages de Louwel, de Gruitrode et d'Eelen y ont pénétré respectivement de 14 m, 141 m et 160 m, sans atteindre le terrain houiller sous-jacent. Il semble donc que le sous-sol primaire plonge rapidement vers le nord, à partir de l'affleurement des roches rouges, que nous avons tracé hypothétiquement sur notre carte d'après les données des sondages.

M. X. Stainier a attribué ce renfoncement du terrain houiller à une faille est-ouest pendant au nord, qui passerait au sud des sondages de Louwel (n° 6) et de Biesen Ven (n° 30), et au nord de celui de Wyshagen Donderslag (n° 10), qui n'a pas recoupé les roches rouges. Ces roches n'ont, jusqu'à présent, pas été rencontrées à l'ouest du méridien de Hasselt, et notamment dans la province d'Anvers, où des sondages ont été effectués bien au nord du passage de la faille est-ouest supposée par M. X. Stainier. Les roches rouges permo-triasiques ont été rencontrées, tout récemment, dans un sondage effectué dans le Limbourg Hollandais, entre Berg et Limbricht. Ce sondage a atteint cette formation à 380 m et ne l'a pas encore percée à 680 m de profondeur.

Un autre sondage, situé à Ophoven un peu au sud de Sittard, considéré comme improductif et qui a atteint près de 500 m de profondeur, a également pénétré dans la formation permo-triasique sans la traverser.

Les roches rouges descendent donc vers l'Est, bien au Sud de la faille supposée par M. X. Stainier.

Il semble plus plausible d'admettre, conformément aux idées ayant cours relativement à des roches semblables rencontrées dans la partie nord-ouest de la région explorée du bassin rhénan-westphalien, que ces roches rouges remplissent des golfes d'érosion taillés dans le sol houiller par les mers permo-triasiques.

La présence des roches rouges qui, dans le bassin westphalien, ont donné lieu à de grandes difficultés pour l'exécution des puits, limite vers le nord, dans la province de Limbourg, la zone où l'on peut considérer le houiller comme pratiquement accessible.

D'après les considérations précédentes, on peut considérer que toute l'étendue du terrain houiller accessible est actuellement reconnue, sauf peut-être dans la région de Bourg-Léopold, où le sondage n° 62, actuellement en cours d'exécution, apportera de précieuses indications. Cette étendue comporte, en chiffres ronds, 1 000 km², dont 650 dans la province de Limbourg, et 350 dans celle d'Anvers. On ne peut toutefois supposer que sous toute cette étendue se trouve du houiller productif. On peut admettre que le bassin est bordé au sud par une zone stérile comportant environ 300 km, à répartir par moitié à peu près entre les deux provinces. Le houiller exploitable comporterait ainsi 500 km² dans le Limbourg, et 200 dans la province d'Anvers.

B. — Conditions du gisement. Étude du terrain houiller.

Les connaissances acquises par les recherches effectuées en Campine, ne se bornent pas à ces données relatives à la surface du nouveau bassin houiller. Le forage au diamant, généralement appliqué à la traversée des roches primaires, a permis une étude d'autant plus complète du terrain houiller que, dans la plupart des cas, les prospecteurs y ont pénétré profondément, souvent même à plusieurs centaines de mètres, au lieu de suivre la pratique allemande, consistant à ne perforer que la première couche de charbon, ce qui suffit d'ailleurs en Allemagne pour assurer l'obtention d'une concession de 219 hectares.

Avant d'exposer les déductions à tirer des résultats obtenus, je crois utile de faire connaître les conditions dans lesquelles ces résultats ont été donnés par les sondages. Le forage à l'aide de la couronne à diamant permet de retirer des échantillons du terrain traversé, sous forme de carottes. La continuité de l'échantillonnage est loin toutefois d'être aussi absolue qu'on pourrait être tenté de le croire. Diverses influences facilitent la perte de témoins : l'érosion par le courant d'eau de curage, qui délave les parties tendres et argileuses; la rupture du témoin lorsque

le frottement du tube carottier sur sa surface cylindrique est supérieur à la force de cohésion qui le tient attaché à la roche mère; les fragments ainsi détachés se détruisent par frottement les uns sur les autres dans le tube carottier, les plus tendres disparaissent. Le pourcentage de carottes dépend essentiellement de la dureté, de la compacité, de la régularité de la roche, et tout spécialement du diamètre du forage. Alors que, pour un diamètre de 35 à 40 mm, le pourcentage est très faible, 10 0/0 et moins en terrain houiller, pour un diamètre de 80 à 100 mm, il s'élève souvent à 80 et même 90 0/0. Les échantillons de roches tendres et possédant de nombreux plans de division, comme les schistes charbonneux et la houille, ne sont qu'exceptionnels, et toujours partiels; aussi n'est-ce que dans des cas très rares que l'on a retiré des carottes de charbon des sondages de Campine. Pour ces roches tendres, l'échantillonnage ne peut être obtenu que sous forme de farines et de schlamms; il est, par suite, toujours incomplet, les particules les plus fines étant difficilement retenues dans les sluices ou sur des tamis, et, d'autre part, il est toujours plus ou moins souillé par le lavage des parois non tubées du trou de sonde, et par les rechutes qui peuvent se produire.

La grande sensibilité du forage au diamant, quant à la vitesse d'avancement, permet de déterminer d'une manière précise l'épaisseur des différents bancs de la stratification. La vitesse d'avancement dépend, en effet, essentiellement de la nature de la roche traversée, de sa dureté, de la facilité plus ou moins grande d'entrainement des farines par le courant d'eau, de l'empâtement de la couronne par les argiles plus ou moins grasses provenant du broyage des schistes, etc. Le caractère pétrographique se détermine par l'examen des boues et des témoins provenant du forage (1).

Ces considérations montrent que la valeur des données fournies par un sondage dépendra surtout des soins apportés dans les observations de tous les instants. Il paraitra, en conséquence, très important de confier ces soins à des agents spéciaux, non intéressés dans l'exécution du travail de creusement, et de ne pas s'en rapporter uniquement à cet égard aux chefs sondeurs, comme cela a été souvent le cas pour les sondages effectués en Campine. La plupart des résultats de ces sondages, publiés dans

(1) Voir : Armand Renier, *Les procédés modernes de sondage. Revue Universelle des Mines*, etc. Tome V, 4e série, p. 31, 48e année, 1904.

les *Annales des Mines de Belgique* (1), constituent une simple copie des registres des chefs sondeurs, dont les déterminations pétrographiques, toujours sujettes à caution, n'ont pas souvent assez été contrôlées, par une étude des carottes, par des personnes compétentes.

La détermination de l'épaisseur des couches de charbon a eu pour base presque uniquement la rapidité de forage, relevée par les Ingénieurs du corps des Mines chargés des constatations officielles. La rapidité de forage dans le charbon est très grande, elle peut atteindre 10 et même 20 cm par minute, alors que dans les schistes elle ne dépasse guère 1 cm; certains schistes charbonneux se forent, toutefois, avec une rapidité à peu près égale à celle que l'on obtient dans le charbon et ne peuvent se différencier que par la nature des farines (2). Ainsi que nous l'avons fait observer, ces dernières peuvent se mélanger dans la remonte, par le courant d'eau, de matières étrangères arrachées aux parois; la nature plus ou moins cendreuse des charbons perforés est donc toujours plus ou moins douteuse, quelques soins que l'on apporte dans la préparation des échantillons analysés. D'autre part, les schlamms sont presque toujours chargés de corps gras provenant des assemblages des tiges de la sonde, de sorte que la détermination de la richesse en matière volatile exige des précautions spéciales et notamment un lavage à l'éther des échantillons.

L'analyse des échantillons recueillis par les Ingénieurs des Mines lors de leurs constatations a été effectuée au laboratoire de l'Institut Meurice, à Bruxelles. Les résultats ont été publiés par MM. Alb. Meurice et Lucien Denoël dans les *Annales des Mines de Belgique* (3).

On comprend que l'identification des couches, déjà fort difficile dans un bassin houiller exploité, est chose impossible dans des sondages dont le champ d'observation est limité à quelques centimètres de diamètre, en surface, et dont les données sont sujettes à maintes causes d'erreur; aussi doit-on s'en tenir, dans l'étude de ces données aux grandes lignes de la stratigraphie et faire abstraction de tous les plissements accessoires et des accidents locaux. C'est dans cet esprit que nous présenterons l'examen des résultats des sondages et que nous avons tracé sur la

(1) Voir : Année 1903. Tome VIII. 1re livraison, p. 276; 2e livraison, p. 487; 3e livraison, p. 1021. — Année 1904. Tome IX. 1re livraison, p. 224, et 2e livraison, p. 451.

(2) Voir A. Renier. *De la reconnaissance des terrains par les procédés modernes de sondage. Annales des Mines de Belgique*, année 1903, tome VIII, 3e livraison, page 927.

(3) Voir année 1903, tome VIII, 4e livraison, page 1218.

carte jointe à cette étude les données stratigraphiques que l'on peut en déduire.

Les résultats de la traversée du terrain houiller sont consignés, pour chaque sondage, au tableau synoptique, planche 69; ainsi qu'on peut le voir, la pente des strates est généralement faible. Les couches houillères du nord de la Belgique forment donc de grandes plateures dont l'inclinaison est assez variable. D'une manière générale, on peut constater que la pente diminue de l'est à l'ouest. Dans la région de la Meuse on a, en effet, observé des pentes variant de 10 à 35 degrés; dans la partie centrale du Limbourg, elles varient de 0 à 15 degrés, les pentes voisines de 10 degrés étant les plus fréquentes; enfin, dans la province d'Anvers, la pente atteint rarement plus de 9 degrés. La pente n'est généralement pas uniforme sur toute la hauteur d'un même sondage, ce qui caractérise des strates ondulées. Exceptionnellement quelques fortes inclinaisons ont été observées, notamment au sondage du Zittaert (n° 34) où on a mesuré des pentes voisines de 60 degrés, et au sondage de Stockheim (n° 52) où se sont présentées des pentes de 45 degrés.

Si la pente des terrains peut être relevée avec une certaine précision sur les carottes retirées des sondages, abstraction faite de la déviation toujours possible de ce dernier par rapport à la verticale, le sens de cette pente est généralement indéterminé. Les essais d'emploi des appareils stratamètres, pour la détermination de la direction des couches, n'a donné aucun résultat en Campine. Mais si l'on remarque qu'en allant du sud au nord, à partir du massif siluro-cambrien constituant le sous-sol primaire de la partie centrale de la Belgique, on rencontre d'abord le calcaire carbonifère, puis du terrain houiller dont les couches ont des teneurs en matières volatiles de plus en plus élevées, on peut conclure que les couches ainsi rencontrées sont de plus en plus récentes et que, par conséquent, la houille incline, d'une façon générale, vers le nord ou le nord-est.

L'étude paléontologique des carottes de vingt-neuf sondages, faite par MM. P. Fourmarier et A. Renier (1) justifie complètement cette conclusion et permet de suivre, à la surface du sous-sol houiller, le passage des diverses zones stratigraphiques, que l'on ne pourrait tracer en ce qui concerne le bassin houiller du nord de la Belgique en se basant sur le seul caractère de la teneur

(1) Voir *Étude paléontologique et stratigraphique du terrain houiller du nord de la Belgique*. *Annales des Mines de Belgique*, année 1903, tome VIII, 4e livraison, page 1183.

en matières volatiles des charbons, ainsi que l'a fait M. Alfred Habets pour la région du Limbourg hollandais (1).

L'étude des débris organiques a permis à MM. Fourmarier et Renier de déterminer l'âge géologique du bassin de la Campine en comparant la flore de ce bassin à celle, bien connue, des bassins houillers de la France, de l'Allemagne et de l'Angleterre. Aucun type nettement stéphanien n'a été rencontré, tous les échantillons recueillis appartiennent à l'étage westphalien. La rencontre de dyctiopteris sub-brongniarti et de nevropteris tenuifolia pour certains sondages du nord de la partie explorée du Limbourg permet d'affirmer que le terrain houiller du nord de la Belgique s'élève au moins jusqu'au westphalien supérieur. D'autre part la nevropteris schlehani n'a pas été rencontrée et on n'a trouvé que de mauvais échantillons douteux de sphenopteris hœninghausi au sondage de Sandhoven (n° 39) et à celui de Bolderberg (n° 26); il se pourrait donc qu'aucun sondage n'ait rencontré le westphalien tout à fait inférieur. Il est vrai que toute la région avoisinant le calcaire carbonifère n'a pas encore été explorée.

MM. Fourmarier et Renier ont établi dans le houiller du nord de la Belgique les divisions suivantes :

I. —Assise supérieure, riche en fossiles végétaux comprenant :

1. Zone à dyctiopteris très abondantes;

2. Zone sans dyctiopteris; neuropteris tenuifolia très abondantes.

II. — Assise inférieure, pauvre en fossiles comprenant :

3. Zones à fossiles animaux (carbonicola) assez abondants, avec intercalations de zones riches en fossiles végétaux (neuropteris gigantea, neuropteris heterophylla, calamites, cordaïtes, lonchopteris);

4. Zone à fossiles végétaux et animaux rares;

5. Zone à fossiles végétaux très rares; quelques fossiles animaux (carbonicola, anthracomya).

Les deux divisions de l'assise supérieure peuvent se différencier assez facilement quand le diamètre des carottes est suffisant

(1) Voir *le Bassin houiller du Limbourg hollandais. Revue universelle des Mines, etc.* 3e série, tome LVI, 1901, page 139.

pour permettre une récolte suffisante d'échantillons paléontologiques, à cause de l'abondance des fossiles de ces zones. Au contraire, la différenciation des trois zones de l'assise inférieure est très difficile à cause de l'absence de types caractéristiques.

Les caractères pétrographiques des différentes zones permettent de venir au secours de la paléontologie. Les deux premières zones sont constituées par des schistes gris clair avec intercalations de schistes psammitiques clairs, de psammites et de grès blanchâtres, et des couches de houille puissantes et rapprochées.

La troisième zone comporte des schistes noirs avec des psammites zonés; les grès y sont rares, les couches de houille puissantes et très rapprochées.

La quatrième zone présente des schistes gris foncé, beaucoup de schistes psammitiques, de psammites et de grès; elle se caractérise par une grande stampe stérile que l'on peut suivre sur toute l'étendue des régions explorées de l'est vers l'ouest.

La dernière zone comporte des schistes noirs avec de petites intercalations de psammites et de grès et des couches de houille assez espacées.

Ces données ont servi de base à la classification des sondages dans le tableau synoptique, planche 69; les sondages y sont rangés horizontalement de gauche à droite, d'après leur situation méridienne en allant de l'ouest vers l'est, et verticalement, de haut en bas, d'après la zone qui leur est assignée par MM. Fourmarier et Renier pour les vingt-neuf sondages étudiés par eux, dont les numéros sont soulignés, et par analogie, d'après les données pétrographiques pour les autres.

On remarquera que les zones de charbons d'égale teneur en matières volatiles, recoupent obliquement les assises stratigrafiques déterminées ci-dessus. Ceci semble montrer que les couches d'une même assise s'enrichissent, en matières volatiles, de l'est vers l'ouest. Ce fait paraît bien établi pour les couches maigres de la région sud-est du Limbourg qui deviennent de véritables charbons à coke dans la province d'Anvers.

Nous avons, d'après les données du tableau synoptique, tracé sur la carte les affleurements des différentes assises stratigraphiques à la surface du sous-sol primaire. Comme on le voit, les tracés conduisent à admettre une grande régularité et montrent que seul le versant sud du nouveau gisement a été rencontré jusqu'à présent. Nous pensons prématuré de vouloir, sur des données de sondages, tracer des détails d'ondulations de strates à allure

générale en plateure, ainsi que l'a tenté M. L. Denoël (1) ou d'y tracer des failles, plus ou moins justifiées, ainsi que l'ont fait MM. Kersten et Em. Harzé (2). Ce n'est pas à dire que nous prétendions que de tels dérangements ne se présentent pas dans le nouveau bassin houiller belge. Nous savons que des terrains failleux ont été rencontrés dans différents sondages; notamment au sondage de Beeringen (n° 28), on a traversé, à 1 000 m de profondeur sur 15 m de hauteur, une roche brun rougeâtre chargée de sel rapportée à M. Max Lohert, à une brèche de remplissage de faille. Des brèches de faille ont aussi été rencontrées dans les sondages de Zittaert (n° 34), de Baelen (n° 56), de Masselhoven (Leuth) (n° 53). Outre ces grandes failles, dont la présence est indiquée par des terrains dérangés, il y en a sans doute d'autres sans remplissage dont seuls des travaux d'exploitation permettraient de déceler l'existence. Les données manquent actuellement pour tracer, avec quelque certitude, l'allure des dérangements reconnus, c'est pourquoi nous croyons préférable d'en faire complètement abstraction.

Si l'on s'en rapporte au tableau synoptique, on peut évaluer à près de 2000 m l'épaisseur du terrain houiller exploré, qui se répartit entre les différentes zones comme suit :

ZONE	ÉPAISSEUR TOTALE	NOMBRE des couches	PUISSANCE TOTALE en charbon	RICHESSE en charbon	PUISSANCE MOYENNE des couches	STAMPE MOYENNE entre les couches
1	310 m	10	7,40	2,36	0,74	31
2	320 —	10	7,50	2,32	0,75	32
3	380 —	15	14,20	3,75	0,95	25,50
4	410 —	6	4,50	1,10	0,75	68
5	500 —	5	3,00	0,60	0,70	1:5
	1 920 m	46	36,60	1,87	0,80	41,75

On voit que le terrain houiller du nord de la Belgique est beaucoup plus riche, dans sa partie supérieure qui n'a été rencontrée, jusqu'à présent, que dans le Limbourg et le nord-est de la province d'Anvers. La partie inférieure est relativement

(1) Voir *Carte et tableau synoptique des sondages du bassin houiller de la Campine. Annales des Mines de Belgique*, 1904, tome IX, 1re livraison, page 185.

(2) Voir Harzé. *Considérations géométriques sur le bassin houiller du nord de la Belgique. Annales de la Société Géologique de Belgique*, 1903. Mémoires, tome XXXI.

pauvre, elle forme une bande étroite au sud de la zone explorée dans le Limbourg et s'épanouit dans la province d'Anvers où seule elle paraît avoir été rencontrée vers l'ouest.

Au point de vue de la puissance des couches, le bassin du nord de la Belgique paraît présenter des conditions intermédiaires entre celles des anciens bassins belges, où l'on exploite des couches de 0,68 m de puissance moyenne, et celles du bassin westphalien où cette puissance atteint 0,90 m. On peut, jusqu'à un certain point, juger, d'après cette base, des conditions de prix de revient possibles, si l'on tient compte, en outre, de l'allure en plateure que présente le gisement et de la régularité qu'il paraît présenter dans son ensemble (1).

C. — Terrains de recouvrement. — Morts terrains.

On peut se rendre compte de l'épaisseur des morts terrains par les cotes négatives des courbes de la surface du sous-sol primaire indiquées sur la carte auxquelles il faut ajouter en chaque point la cote de la surface du sol. Cette dernière est inférieure à 30 m dans la province d'Anvers, où elle s'abaisse à 10 et à 8 m à Sandhoven (n° 39) et à Kessel (n° 38). La surface du sol se relève sous le méridien de Hasselt et forme, à l'est de ce méridien, un vaste plateau ayant de 50 à 96 m d'altitude. La courbe du niveau du sol à + 50 qui limite ce plateau est tracée sur la carte, planche 68. Dans la vallée de la Meuse, on retrouve des cotes de 35 à 40 m. C'est dans la partie nord-ouest de cette dernière région, que l'épaisseur des morts terrains est le plus réduite : elle comporte environ 370 m. Dans la région centrale du Limbourg, elle atteint de 468 m à Genck (n° 15) à 657 m à Donderslag (n° 10); elle augmente vers l'ouest dans la province d'Anvers, où elle est de 581 m à Kessel (n° 38) et de 895 m à Vlimmeren (n° 57).

Les sondages ont traversé les terrains de recouvrement par forage au trépan et curage par courant d'eau ; sauf, dans quelques cas, les assises surmontant immédiatement le houiller qui ont été forés, comme ce dernier, à l'aide de la couronne à diamants.

(1) Nous remarquerons que, bien que nous ayons pu nous servir, pour le présent mémoire, de tous les documents publiés sur le bassin houiller du nord de la Belgique, nous n'avons été amené à apporter aucune modification importante à l'étude que mon frère et moi avons faite avant toute publication sur ce sujet. Voir *le Bassin houiller du nord de la Belgique*, par Paul et Marcel Habets. *Revue universelle des Mines* etc., 1903. 4e série, t. I, p. 268.

Le forage au trépan avec courant d'eau ne permet pas un échantillonnage convenable des roches traversées que l'on ne peut recueillir qu'à l'état de farines. Celles-ci subissent, dans leur ascension, une sorte de préparation mécanique qui conduit à des mélanges des produits les plus légers et les plus fins d'un banc avec les grains les plus gros et les plus lourds provenant de la désagrégation du banc supérieur. Ces effets sont d'autant plus marqués que la vitesse de perforation est plus grande: dans certains cas favorables, on a obtenu des avancements journaliers très considérables, 195 m en vingt-quatre heures à Meeswyck (n° 45) et jusqu'à 225 m à Bolderberg (n° 26). Dans de telles conditions, le trou reste sans tubage sur des hauteurs considérables et les rechutes fréquentes dans les roches meubles ou peu solides se mêlent aux produits de la désagrégation de la roche attaquée par le trépan. Les échantillons boueux recueillis dans les sluices ou sur les tamis dont les éléments les plus terreux font d'ailleurs défaut, sont ainsi composés par un mélange d'assises qui deviennent géologiquement indiscernables (1). Aussi ne sont-ce guère que les grandes masses de sables plus ou moins argileux et diversement colorés, d'argiles compactes, de craies et de marnes que l'on parvient à distinguer. L'absence de tout caractère paléontologique, les fossiles étant pulvérisés par le trépan, ne permettrait d'ailleurs pas de détermination absolument précise, même si les caractères pétrographiques n'étaient pas altérés dans l'échantillonnage. Tel qu'il est généralement pratiqué, on pourrait cependant obtenir de bons échantillons pétrographiques en arrêtant la perforation chaque fois qu'une modification de nature de la roche amène une variation d'avancement, et en attendant que le courant d'eau ramène les déblais de la roche à échantillonner. Il est à remarquer que, grâce au curage continu, le trépan agit plus directement sur la roche et que les variations de cette dernière se remarquent plus aisément par la résistance qu'elle oppose à la pénétration de la sonde dont la sensibilité se trouve augmentée. Mais il est difficile d'attendre des soins très grands, à cet égard, des chefs sondeurs, qui ont tout intérêt à ne veiller qu'à la rapidité et à la sécurité de l'avancement de la perforation. Cette rapidité et la sécurité constituent d'ailleurs la principale raison d'emploi du forage au tré-

(1) Les difficultés d'une détermination, même approximative, sur de telles données sont nettement mises en lumière par les notes dont est accompagnée la publication des coupes des sondages publiées dans les *Annales des Mines de Belgique*, loc. cit.

pan avec curage par courant d'eau, qui, grâce à ces qualités, permet d'atteindre le sous-sol, même à très grande profondeur avec un diamètre satisfaisant pour la reconnaissance à y faire.

Le procédé de sondage à la tarière avec curage par courant d'eau renversé remontant par la tige de sonde, employé au sondage de Louwel (n° 6), exige que les tubages suivent constamment l'outil dans sa descente et permet un échantillonnage d'autant plus parfait que la roche n'est pas complètement désagrégée par la tarière et que l'on peut ainsi recueillir les restes fossilifères qu'elle renferme. Malheureusement, ce procédé entraîne une réduction rapide du diamètre par suite des fréquents changements de tubage, nécessités chaque fois que le tubage en placement refuse d'avancer. Ce procédé n'est, de plus, applicable que dans les terrains incohérents. Dès les roches fermes et compactes, le sondage de Louwel a été exécuté à la couronne à diamants avec prise de témoins. L'examen des échantillons de ce sondage a été fait par M. Forir aidé par M. F. Vincent, pour la détermination des fossiles des terrains tertiaires. M. Forir s'est ensuite servi des échantillons classés du sondage de Louwel pour déterminer, par comparaison, les coupes d'un grand nombre de sondages dont les échantillons lui ont été soumis (1).

C'est en nous basant sur ces coupes que nous présenterons un aperçu d'ensemble sommaire de la nature des terrains de recouvrement du houiller, en vue, surtout, de rendre compte des difficultés du creusement des puits à foncer pour mettre à fruit le nouveau bassin houiller.

Les coupes représentées planche 70, montrent les conditions de gisement des terrains de recouvrement dans la région explorée. Dans l'examen que nous allons en faire, nous ferons connaître parallèlement les conditions de gisement des morts terrains du bassin westphalien, pour permettre les comparaisons.

Nous suivrons, dans notre exposé, l'ordre chronologique des dépôts, en partant de la surface primaire que nous avons appris à connaître, dès le début de ce mémoire.

Les roches de recouvrement les plus anciennes qui nous soient connues, sont les roches rouges rencontrées dans les sondages nord-est du Limbourg et qui n'ont été percées que par les deux sondages de Biesen-Ven (n° 30) et Helchteren (n° 60). On sait à quelle hypothèse nous nous sommes arrêtés, relativement au

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, loc. cit., n°s 5, 6, 8, 9, 10, 14, 20, 21, 28, 34, 38, 39, 44, 46, 47, 48, 50, 52, 54 et 57.

gisement de ces roches rouges, par comparaison avec les conditions de gisement de roches analogues rencontrées dans le nord-ouest du bassin westphalien sur les bords du Rhin et de la Lippe, où elles sont rapportées aux étages dyasiques et triasiques. Dans la région de Bislich et Flüren. au nord-ouest de Wesel, une cuvette creusée dans les couches du trias a été trouvée comblée par des roches liasiques, avec couche de minerai de fer, et dans les environs de Wesel et de Xanten, et plus au nord à Vreden, on a retrouvé entre ces roches triasiques et le houiller les couches dyasiques du Zechstein renfermant de puissantes assises de sel gemme, avec bancs de sels potassiques.

Selon toute vraisemblance, des gisements analogues pourraient être rencontrés dans les régions du nord de la Belgique, où les roches rouges ont été rapportées aux assises permiennes et triasiques. Ces roches, composées de marnes peu solides, parfois molles, et de grès friables, opposeraient certainement de grandes difficultés au creusement des puits, en raison des profondeurs auxquelles elles ont été atteintes, et de leur épaisseur rapidement croissante vers le nord. De plus, à Eelen, des sources d'eau salée furent rencontrées dans la partie supérieure de ces formations.

Dans la vallée du Rhin, les roches rouges sont directement recouvertes par les sables et argiles tertiaires; elles s'enfoncent vers l'est sous les assises crétacées, dont les limites d'extension dans la vallée du Rhin sont indiquées sur notre carte. Les assises crétacées les surmontent également en Belgique, débordant vers le sud et l'ouest sur le terrain houiller et les roches siluro-cambriennes. Ces assises crétacées s'étendent au sud-est jusqu'au delà de la vallée de la Meuse. Elles ont une épaisseur qui varie de 150 à 300 m. Les plus grandes épaisseurs ont été rencontrées dans les sondages du nord-est de la province d'Anvers, 283 m à Gheel (n°s 35 et 58), et du nord de la province de Limbourg, 320 (?) m à Voorter Heide (n° 23), et 290 m à Helchteren (n° 19). Elle décroît vers le sud, se réduit à 160 m dans les environs du Westerloo et Pongerloo, et à 140 m dans la partie méridionale explorée du Limbourg. Le terrain crétacé forme dans le nord-est de la Belgique un grand golfe de pénétration vers le sud-est. La formation se relie sans doute vers le nord au crétacé du bassin de Munster qui forme la partie principale des terrains de recouvrement du bassin westphalien à l'est du Rhin. La formation crétacée a subi, lors du dépôt des terrains

tertiaires, une vaste érosion qui a fait disparaître tout vestige des formations secondaires sur les rives de ce fleuve, dans l'axe du grand golfe tertiaire de Cologne.

Dans le bassin de Munster, les assises crétacées présentent à leur base les couches cénomaniennes du grès vert d'Essen qui correspondent au tourtia du Hainaut et sont facilement reconnaissables à la coloration verte due aux grains de glauconie disséminés dans la roche. Cette roche forme un manteau imperméable aux terrains sous-jacents, là où elle présente une certaine épaisseur. Cette dernière dépasse rarement 25 m et descend souvent à moins de 1 m.

Les couches du grès vert d'Essen sont surmontées par les assises marneuses blanchâtres d'âge turonien dont les fentes de retrait, presque verticales, ont occasionné, dans certaines régions du bassin westphalien, des difficultés pour le creusement des puits, par suite de venues d'eau atteignant jusqu'à 40 m^3 par minute. La nature aquifère des marnes turoniennes du bassin westphalien s'est trouvée localisée surtout dans le périmètre circonscrit par les puits de mines Königsborn II, Massener Tiefbau, Courl, Scharnhorst, Gneisenau, Preussen, Hansa, Westhausen, Adolph Von Hanseman, Erin et Victor, alors qu'à l'est, au sud, à l'ouest et même au nord (mine Minister Achenbach), on n'eut pas à lutter contre les mêmes difficultés. La plupart des puits creusés dans le périmètre ci-dessus défini durent être foncés par le procédé Kind-Chaudron. Quelques-uns cependant purent être creusés à niveau vide, bien qu'ils fussent peu éloignés de puits ayant occasionné de grandes difficultés. Il en fut notamment ainsi d'un des puits des mines Adolph Von Hansemann et Preussen I, éloignés à peine de 50 m de fonçages pour lesquels on dut recourir au procédé à niveau plein.

Les assises turoniennes augmentent d'épaisseur vers le nord et l'est et y atteignent jusqu'à 259 m de puissance. Elles sont surmontées par les marnes grises peu solides, mais peu fissurées et non aquifères de l'Emscher, qui forment l'assise crétacée la plus puissante du bassin de Munster, atteignant 495 m à Datteln, sur la Lippe, alors que le turonien n'y mesure que 50 m.

Toutes ces formations semblent être absentes du sous-sol de la Campine belge.

Les assises crétacées rencontrées appartiennent en effet à l'étage sénonien. Dans plusieurs cas, on a trouvé, à la base, des assises sableuses reposant directement sur le houiller. Ces assises sa-

bleuses sont blanches, avec grès blancs, caractérisant les sables aachéniens (sondage de Louwel), ou bien verdâtres, avec bancs de grès siliceux, colorés en vert par la glauconie (sondages de Eickenberg, Asch, Kattenberg, etc.) que l'on pourrait être tenté de ranger dans la formation cénomanienne, mais qui, selon toute vraisemblance, sont à considérer comme base du hervien.

Ces dépôts sableux prennent une grande importance dans la région de la Meuse, où ils paraissent être fortement aquifères. Ils n'ont été signalés que dans la région nord et est de la province de Limbourg. Leur nature est plutôt gréseuse et l'on y a rencontré des bancs extrêmement durs, fortement cimentés par de la silice.

Ils sont surmontés de puissantes assises d'argilite glauconifère, très compactes, parfois schisteuses, que l'on rapporte au hervien. Cette formation, qui a été rencontrée partout, avec une forte épaisseur, dans le Limbourg belge, sauf toutefois dans la région de la Meuse, constitue un manteau imperméable qui s'étend vers le sud jusque dans le bassin de Liège et protège le terrain houiller contre l'infiltration des eaux supérieures.

Les argilites glauconifères sont surmontées par des assises de marnes grisâtres et blanchâtres, présentant des parties dures et tendres, avec de véritables bancs calcaires et des bancs de silex bruns, translucides dans la partie supérieure. Ces couches ont été rapportées par M. H. Forir aux assises de Nouvelles et de Spiennes.

Le passage entre les deux formations est presque insensible et il est souvent difficile de définir une ligne de démarcation entre elles.

Au sommet des assises crétacées, on a pu reconnaître le tuffau maestrichtien dans certains sondages, Louwel (n° 6), Kelgterhof (n° 47), Zonhoven (n° 16), Zolder (n° 22), etc., roche assez friable et tendre qui a pu passer inaperçue dans le sondage au trépan, dans nombre de cas où le mélange avec des substances argileuses ou crayeuses immédiatement supérieures ou inférieures, dans les échantillons boueux, ont oblitéré les caractères de cette formation. Des venues d'eau jaillissantes ont été rencontrées dans les assises crétacées, par nombre de sondages, notamment : à Kessel (n° 38), à 422 m; à Sandhoven (n° 39), de 502 à 511 m; à Norderwyck (n° 37), à 473 m; à Westerloo (n° 33), à 487,50 m; à Zittaert (n° 34), à 480 m; à Baelen (n° 56), à 578 m; à Beeringen (n° 28), à 320 m; à Pael (n° 29), à 425 m; à Coursel (n° 54), à

405,50 m ; à Zolder (n° 22), à 320 m ; à Hensder (n° 27), à 345 m ; à Coursel Schans (n° 55), à 500 m ; à Bolderberg (n° 21), à 277 m ; à Zolder (n° 17), à 340m ; dans des localités qui toutes sont situées dans la plaine basse, à l'ouest du méridien de Hasselt.

Plusieurs de ces venues aquifères proviennent de la partie supérieure du crétacé.

L'ancien sondage de la gare de Hasselt avait déjà décelé, à la rencontre du maestrichtien, une nappe artésienne s'élevant à 1 m au-dessus du sol. Dans la région ouest du Limbourg, le jaillissement a été plus considérable ; le jet s'est en effet élevé à 15 m de hauteur dans la tour des sondages de Beeringen et de Norderwyck.

Les sources des sondages de Sandhoven et Norderwyck se sont montrées très riches en sel (6 0/0 à Norderwyck), et il n'est pas sans intérêt de remarquer que les venues du turonien dans la région est du bassin westphalien ont souvent présenté le même caractère salin.

Dans le plateau de la Campine limbourgeoise, certains forages ont, à la rencontre des assises crétacées, donné lieu à des absorptions de l'eau de curage. Les échantillons de ces assises étaient constitués par une craie grise grossière particulièrement grenue et poreuse, ne décelant pas de cassure. Cette absorption a été surtout observée dans les sondages d'Asch (n° 8), Kattenberg (n° 5), Grooteheide (n° 9), Louwel (n° 6), Donderslag (n° 10), Eickenberg (n° 14), Kelgterhof (n° 47), Voort (n° 23), qui, pour la plupart, ont leur orifice à une cote élevée. On ne doit pas attribuer cette absorption à la sécheresse de la roche, car l'écoulement de l'eau de curage s'est sans doute produit dans une nappe dont le niveau hydrostatique est inférieur au niveau du sol.

Dans la vallée de la Meuse, où la cote du sol s'abaisse en-dessous de 50 m d'altitude, les sondages de Lanklaer (n° 20), à 483 m, de Lenth (n° 42), à 240 m, de Meeswyck (n° 42), à 220 m, et de Stockheim (n° 52), à 225 m, ont également donné des jaillissements d'eau dans la traversée des assises crétacées.

Dans les coupes de la planche 70, la rencontre des sources jaillissantes est indiquée par un trait horizontal, court et fort. On peut ainsi, d'un coup d'œil, se rendre compte des conditions dans lesquelles se présentent les assises crétacées.

Si l'on veut synthétiser les observations faites sur les formations secondaires du nord de notre pays et des régions orientales, on remarquera que la transgression cénomanienne qui est résul-

tée de la pénétration de la mer crétacée dans le bassin de Munster, s'est poursuivie vers l'ouest pendant toute la période sénonienne, donnant lieu à de puissants dépôts dans le Limbourg qui se réduisent à peu d'épaisseur dans le sud-ouest de la province d'Anvers et se raccordent, par les Flandres, aux assises sénoniennes du Hainaut.

Au-dessus des terrains crétacés, les sondages ont fait reconnaître les formations éocènes du heersien et du landenien.

La distinction entre les assises du maestrichtien et celles du heersien qui les surmonte, est souvent fort malaisée, lorsque la traversée de ces roches a été faite au trépan, comme c'est le cas pour la plupart des sondages. Lorsque la couronne à diamants a été employée pour la traversée d'une partie des morts terrains, ce n'est guère que dans les assises inférieures du crétacé, après le passage des bancs à rognons siliceux qui opposent de grandes difficultés au forage au diamant, lorsqu'ils n'occupent pas toute la section du trou de sondage. Le trépan, en faisant sauter ces rognons de silex en éclats, permet une traversée plus rapide et plus sûre. Il est donc rare que l'on ait à sa disposition, pour la reconnaissance des roches, des témoins satisfaisants et nets des terrains supérieurs et même de la tête du crétacé. Ces circonstances rendent malaisée parfois la détermination exacte du niveau géologique où se sont rencontrées, dans la région de l'ouest, les sources jaillissantes que nous avons attribuées ci-dessus au maestrichtien, mais qui, dans certains cas, pourraient bien se faire jour dans les marnes heersiennes immédiatement supérieures, notamment dans la province d'Anvers.

Les argiles et sables heersiens ont une épaisseur faible dans la région est du Limbourg. A Asch, on ne les a traversés que sur 3 m, alors que plus au nord, à Louwel, elles avaient 23,17 m. Vers l'ouest, les épaisseurs sont plus considérables, 38 m à Zonhoven, 30 m à Zolder, 83,50 m à Beeringen et 62,50 m à Zittaert.

Les couches heersiennes sont parfois fortement argileuses et alors peu discernables des couches landeniennes qui les surmontent. Ces dernières sont souvent psammitiques et très fermes. Dans ces conditions, les assises de l'éocène ne paraissent pas devoir être aquifères.

Les couches landeniennes ont été rencontrées, sous des épaisseurs variant de 17 à 45 m, dans la région centrale du Limbourg et s'élevant à 72 m à Beeringen, pour redescendre à 26,50 m à Zittaert.

Les formations de l'éocène inférieur, heersiennes et landeniennes, ont été reconnues dans toute l'étendue de la région explorée; il n'en est pas de même des argiles yprésiennes que l'on range également dans l'éocène inférieur et qui n'a été rencontré que dans la province d'Anvers, et des assises de l'éocène moyen et supérieur, difficilement différenciables les unes des autres par l'examen des boues retirées des sondages. Ces dernières n'ont été rencontrées qu'à partir de l'extrême ouest de la province de Limbourg et dans la province d'Anvers, où elles se sont montrées aquifères, notamment au sondage de Westerloo (n° 33).

Ces assises semblent être remplacées, vers l'est, dans le Limbourg, par les assises argileuses tongriennes, rangées dans l'oligocène inférieur, mais qui pourraient bien n'être que le facies de mer profonde des précédentes.

L'assise oligocène des argiles rupéliennes a été rencontrée dans toute la zone explorée, et sous des épaisseurs atteignant souvent 100 m à 150 m. C'est dans ces roches et les argiles tongriennes que l'exécution des sondages a détenu les records de vitesse d'avancement que nous avons signalés.

Les argiles oligocènes se sont montrées très compactes, homogènes et d'une imperméabilité parfaite. Au sondage de Bolderberg (n° 26), elles ont parfaitement tenu une charge d'eau dont le niveau hydrostatique avait été élevé à 12 m au-dessus du sol. L'épaisseur des argiles rupéliennes et tongriennes croît du sud au nord dans la partie centrale du Limbourg, 119,65 m à Asch (n° 8) à 169 m à Donderslag (n° 10). Vers l'est, dans la région de la Meuse, ces assises prennent un caractère de plus en plus sableux et passent aux sables à lignites de la vallée du Rhin. Des sources jaillissantes ont été rencontrées dans ces sables à Lanklaer (n° 46), à Leuth (n° 42) et à Stockheim (n° 52).

L'argile rupélienne ou argile de Boom est surmontée d'une grande épaisseur de sables divers, boldériens, diestiens, moséens, campiniens, plus ou moins argileux, presque tous aquifères avec assises boulantes. Ces couches ont de 150 à 200 m sous le méridien d'Asch, s'épaississant vers le nord. Leur puissance décroît vers l'ouest; sous le méridien de Bolderberg-Voort, l'épaisseur se trouve en effet réduite de 90 à 110 m croissant toujours vers le nord. L'épaisseur des assises sablonneuses diminue notablement dans la province d'Anvers, au fur et à mesure que l'on s'approche de l'affleurement des argiles rupéliennes, dans la région sud-ouest de cette province.

Ces sables occupent la partie supérieure des morts terrains et se rencontrent souvent dès la surface du sol. Les nappes d'eau qu'ils renferment, se présentent à faible profondeur et ont souvent été abondantes. Les différentes assises sableuses ne peuvent que très difficilement être nettement définies dans les sondages effectués au trépan. Si la détermination des différentes couches peut présenter un grand intérêt scientifique, il n'en est pas de même au point de vue de l'art des mines qui n'a à les envisager que dans leur ensemble ; car leur nature aquifère exigera pour toutes l'emploi de procédés spéciaux dans le creusement des puits.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que la plus grande partie du bassin westphalien n'est pas recouverte par des dépôts tertiaires; ceux-ci ne se montrent que sur les rives du Rhin, sous la couche quaternaire superficielle, dont l'épaisseur ne dépasse pas 40 m; nous avons tracé approximativement la limite orientale de ces assises sur la rive droite du fleuve. Les assises tertiaires se développent à l'ouest de cette limite et sur la rive gauche du Rhin où elles atteignent des épaisseurs considérables croissant vers le nord jusqu'au delà de 400 m à Xanten. Dans ces régions. les couches crétacées sont totalement enlevées par l'érosion, de sorte que les assises tertiaires reposent directement sur les roches triasiques et primaires.

La détermination des assises tertiaires reconnues par sondages sur les rives du Rhin n'a pu être faite avec plus de précision que dans la Campine, en raison de l'emploi du sondage au trépan (1). On les rapporte toutefois aux sables et argiles de l'oligocène.

Les assises crétacées réapparaissent entre les roches tertiaires et le houiller ou les roches triasiques, à l'ouest du méridien de Gladbach. Ces assises ont en effet été rencontrées avec faible épaisseur près de Geldern et de Kevelaer ainsi que dans la région d'Erkelenz et dans le Limbourg hollandais; elles prennent, ainsi que l'ont montré les sondages, une grande puissance en Belgique sur la rive gauche de la Meuse.

(1) Voir *Festschrift zum VIII Allgemeinen Deutschen Bergmannstag*, Dortmund, 11-14 septembre 1901. — Die Steinkohlen Ablagerung des Ruhrkohlenbeckens, par M. Hundt, page 15.

IV. — **Creusement des puits.**

De l'exposé que nous venons de faire, il résulte que le creusement des puits présentera, dans le bassin du nord de la Belgique, des difficultés multiples qui en élèveront considérablement le coût et exigeront peut-être des progrès nouveaux dans l'art des mines. Les circonstances des creusements seront d'ailleurs fort différentes dans les divers points et l'on peut envisager trois régions plus ou moins caractérisées par des conditions spéciales.

1° La région de la Meuse où l'absence, pour ainsi dire complète, des argiles et la nature sableuse et aquifère du hervien, nécessiteront le creusement en roches meubles et aquifères jusque sur le terrain houiller lui-même à 372 m au minimum de profondeur;

2° La région centrale du Limbourg où, sous une couche de sables aquifères de 140 à 200 m, se présentent 100 à 170 m d'argiles compactes, suivies de marnes d'environ 200 m d'épaisseur et aquifères, tout au moins dans leur partie supérieure;

3° La région anversoise au sud du bassin, où les sables superficiels ont de 50 à 170 m vers le nord et les argiles compactes de 60 à 130 m; ces roches surmontent les assises du bruxellien, parfois aquifères, de l'yprésien, du landenien et du heersien qui recouvrent le crétacé, à la tête duquel des sources jaillissantes ont été rencontrées à des profondeurs de 320 à 500 m.

Il ne paraît pas douteux qu'on ne doive en tout cas faire usage de procédés de creusement à niveau plein et trois modes de creusement peuvent être envisagés : les creusements par dragage ou bien avec congélation dans les sables et le forage Kind-Chaudron dans les marnes aquifères.

Les procédés par dragage ont reçu leurs dernières applications en Allemagne et dans le Limbourg-Hollandais (1).

Le procédé Pattberg est actuellement employé au creusement des puits IV et V de Rhein-Preussen, pour traverser 140 à 165 m de terrains quartenaires et tertiaires, et a donné des avancements remarquables. Il en est de même du procédé Sassenberg et Clermont par lequel on creuse le puits Adolphe de la Société d'Eschweiler, près de Streitfeld, où l'on aura à traverser 140 m de morts terrains. Au puits Hugo II, on a pu atteindre par dragage

(1) Voir A. Habets, Exposition de Dusseldorf. — Note sur les creusements de puits en morts terrains aquifères. *Revue Universelle des Mines*, 3e série, t. LIX, 1902

162,50 m, et le procédé Honigmann a été employé avec succès pour le creusement du puits Nordstern, près d'Aix-la-Chapelle, sur 77 m, des puits de Heerlen sur 97 m et des puits de Schaesberg sur 130 m, dans le Limbourg hollandais.

Le coût des creusements par les procédés de dragage a généralement été très élevé; les avancements sont lents en raison des arrêts de travail souvent occasionnés par des accidents qui semblent inévitables dans ce mode de travail. Pour la traversée des sables superficiels de la troisième région et certaines parties de la deuxième région ci-dessus envisagée, les procédés par dragage pourraient cependant être mis en concurrence avec le creusement avec congélation, qui toutefois paraît présenter plus de garantie et assurer un moindre coût.

Le procédé avec congélation a été appliqué avec succès au puits n° 1 d'Harchies des charbonnages de Bernissart, en Belgique, pour traverser 236,50 m de morts terrains aquifères, et l'on a déjà envisagé le creusement à des profondeurs plus considérables encore. Pour des profondeurs ne dépassant pas celles de Harchies, on peut évaluer à 5 000 francs au maximum le coût du mètre d'un puits de 4 m de diamètre creusé et revêtu. Le procédé de la congélation, qui n'a d'ailleurs que des succès à son actif, permettrait donc la traversée des sables superficiels dans les régions 2 et 3 où les épaisseurs de ces sables ne dépassent pas les profondeurs actuellement atteintes. Dans la région de la Meuse, ce procédé est le seul dont on puisse actuellement envisager l'application; mais il devra être poussé jusqu'à près de 400 m. La seule difficulté semble devoir résider dans la verticalité des sondages congélateurs; la puissance des appareils augmentera évidemment le coût du mètre avec la profondeur à atteindre.

On peut espérer pouvoir s'affranchir des procédés à niveau plein, après avoir pénétré dans les argiles des régions du centre du Limbourg et de la province d'Anvers (1), pourvu que le crétacé ne donne pas lieu à des venues supérieures à 10 m³, que le procédé E. Tomson permet de maîtriser dans des avaleresses qui atteindraient 600 m de profondeur. Il n'est pas possible de prévoir dès à présent l'importance des venues à rencontrer,

(1) La nature aquifère et ébouleuse attribuée par M. Paul Legrand au grès tendre sableux du bruxellien dans la partie sud de la province d'Anvers, pourrait toutefois y nécessiter l'emploi du procédé par congélation jusque sous cette assise, soit au delà de 200 à 250 m, malgré la moindre épaisseur des sables superficiels.

tout au moins dans les parties supérieures du terrain crétacé; mais il est à craindre qu'elles ne soient très considérables, tout au moins dans les régions où des sources jaillissantes ont été rencontrées.

Si le creusement à niveau vide n'était pas praticable, on pourrait songer à poursuivre l'emploi du procédé par congélation jusqu'au delà des venues rencontrées, soit au delà de 320 à 511 m, d'après ce que nous avons vu. Or il ne faut pas perdre de vue que la congélation n'a actuellement fait ses preuves que jusqu'à 236,50 m et que si l'on peut envisager son application à des profondeurs beaucoup plus considérables, dans des roches meubles et homogènes, n'opposant pas de très grandes difficultés à la verticalité des sondages congélateurs, il n'en est plus de même, lorsque ces sondages doivent être poursuivis dans une roche fissurée ou présentant des rognons de dureté différente de celle de la roche.

Le procédé Kind-Chaudron, qui a permis de traverser avec tant de succès les marnes aquifères de la partie centrale du bassin westphalien, pourrait aussi être employé; mais ici encore les profondeurs maxima réalisées de 368 et 373 m, à Preussen II, pourront, dans certains cas, devoir être dépassées. Un puits de 400 m a été entrepris par la Société *Grand-Duc de Saxe* à Dietlas en Thuringe; mais on sait qu'en Allemagne ce chiffre de 400 m est considéré comme une limite au delà de laquelle des modifications importantes s'imposeront dans l'établissement du cuvelage.

On connait les projets présentés par M. Tomson pour le creusement des puits de la Georgs-Marien Hütte, à Werne, qui consistent à placer plusieurs cuvelages de petit diamètre dans un même forage et à remplir les vides entre ces cuvelages à l'aide de béton, ou de donner une forme cannelée aux anneaux de cuvelage.

M. Riemer a proposé de constituer le cuvelage de deux enveloppes concentriques dont l'intervalle serait soumis à une pression égale à la moitié de celle qui résulterait de la hauteur hydrostatique de la nappe dans laquelle le cuvelage doit être immergé.

On pourrait aussi songer à établir plusieurs puits de petit diamètre destinés à ne recevoir au besoin qu'une seule cage.

MM. Potlier et Saclier proposent, d'autre part, de cimenter les fissures de la marne par injection de lait de ciment au moyen de sondages, de façon à pouvoir creuser à niveau vide.

Quelles que soient les difficultés à vaincre, et certaines ne sont pas encore résolues, ainsi qu'on vient de le voir, il ne peut être douteux que les Ingénieurs belges, aidés de l'expérience acquise, tant dans le bassin de la Westphalie que dans ceux du Hainaut et du nord de la France, n'arrivent à surmonter tous les obstacles dont la nature a protégé l'accès des nouvelles richesses de la Belgique.

L'activité avec laquelle ont été poussés les travaux de recherches permet de penser que l'initiative des capitalistes, quelle que soit l'importance des capitaux nécessaires, ne fera pas défaut, lorsque viendra le moment propice de mettre en exploitation le bassin houiller de la Campine.

DRAGUE A BRAS & A TRANSPORTEURS DE DÉBLAIS

POUR LE

CREUSEMENT DES PETITS CANAUX (1)

PAR

M. H.-E. JEANIN

Cet engin faisait partie du matériel présenté par les Établissements Marty et d'Abbadie, d'Haïphong (Tonkin), à l'Exposition d'Hanoï, 1902, où il était représenté par des plans et photographies, car l'appareil lui-même était en dehors de l'enceinte, sur la rive gauche du Fleuve Rouge. Il pratiquait, dans un banc de sable, un canal de 6 m de largeur, dont il élevait les berges au fur et à mesure de son avancement.

Cette drague a été étudiée spécialement pour le creusement des canaux d'irrigation et des petits canaux de communication, dans des contrées comme le Tonkin, où l'on ne dispose que d'une main-d'œuvre relativement peu importante, de qualité inférieure et réfractaire à toute initiative personnelle ou imposée. Elle doit donc répondre aux exigences des travaux de beaucoup de nos colonies, car elle ne demande qu'un personnel peu nombreux, appliqué au simple travail de tourner une manivelle.

Le plan d'ensemble ci-annexé est suffisamment détaillé pour qu'à l'aide des quelques mots qui suivent, l'on puisse avoir une idée très exacte de cet appareil.

La coque, en acier doux, est à fond plat.

Elle mesure : 9 m de longueur, 4,5 m de largeur, et 1 m de creux.

Elle est convenablement armée et renforcée dans tous les sens, et on lui a donné la forme spéciale qui convient pour le creusement ou le curage des petits canaux.

La chaîne dragueuse, qui peut creuser à 2 m de profondeur au-dessous du niveau de l'eau, se compose de vingt-trois godets en tôle d'acier, à grands maillons. Elle est montée sur une élinde en fers I, solidement assemblés. Une bigue articulée et maintenue par des tirants et haubans, supporte la partie inférieure de l'élinde au moyen d'un mouflage, dont la chaîne s'enroule sur

(1) Voir planche n° 71.

le tambour d'un treuil à engrenage hélicoïdal fixé contre la charpente principale.

Les tourteaux supérieur et inférieur sont des prismes pentagonaux, et la chaîne à godets, à son passage dans la charpente principale, est guidée par un tambour. L'élinde est articulée sur un arbre reposant dans des supports en fonte, boulonnés sur des glissières, de façon à pouvoir régler exactement leur position, pour que la chaîne à godets ait une tension convenable.

La trémie centrale, dans laquelle les godets déversent leur contenu, est munie d'un papillon, permettant de diriger les déblais dans l'un ou l'autre des deux couloirs qui chargent les transporteurs.

Ces derniers sont des tabliers sans fin, formés de lames de bois articulées de façon spéciale. Ces tabliers sont montés chacun sur une sorte d'élinde, portant à ses extrémités des prismes pentagonaux que leurs supports mobiles permettent de rapprocher ou d'éloigner, pour compenser l'usure des articulations des tabliers.

Sur les axes de ces prismes sont montées des roues, reliées par des chaînes Galle.

A chaque transporteur, le tambour ou tourteau pentagonal le plus près de la charpente est fou sur son axe. Celui de l'autre extrémité est au contraire claveté; l'entraînement des tabliers est donc fait par-dessus et dans le sens du mouvement. Chaque transporteur est suspendu dans une bigue, au moyen d'un palan différentiel permettant de donner l'inclinaison demandée pour la formation des berges. Une petite passerelle est établie sur chaque bigue, pour que cette manœuvre puisse être faite aisément et sans arrêter le travail si cela était nécessaire. Des couloirs en tôle sont disposés sous chaque tablier pour rejeter à l'extérieur l'eau déversée par les godets afin que le pont de la drague ne soit pas constamment inondé.

Les déblais peuvent être déposés à une distance de 5 m de l'axe du bateau.

L'appareil moteur se compose:

1° D'une longue manivelle emmanchée entre deux pignons dentés, se faisant face, portant des volants à contre-poids pour équilibrer la manivelle et tournant fous sur des axes fixes;

2° D'un arbre aux extrémités duquel sont clavetées deux roues d'engrenage commandées par les pignons ci-dessus. A peu près

au milieu de cet arbre est fixé un autre pignon denté qui actionne :

3° L'engrenage d'un arbre intermédiaire portant deux pignons à chaine.

L'un de ces pignons à chaine commande la grande roue calée sur l'arbre du tourteau supérieur; et l'autre, par l'intermédiaire d'engrenages d'angle à débrayages, fait marcher l'un ou l'autre des deux transporteurs de déblais.

Sur la manivelle du treuil moteur, on peut totaliser les efforts de onze coolies; mais, pour les dragages dans des terrains de résistance moyenne, sept coolies suffisent largement. Des essais faits dans de l'argile dure ont nécessité l'emploi de neuf coolies. L'engin à blanc est actionné facilement par deux coolies.

Cette drague est armée de cinq ancres dont quatre pour les papillonnages avant et arrière et la cinquième pour l'avancement. Les chaines des ancres de papillonnage passent dans des poulies fixées sur le pont et s'enroulent ensuite sur les bobines de treuils à cliquet qui servent à les manœuvrer.

La chaine d'avancement passe dans une poulie mobile amarrée à la charpente de suspension de l'élinde et s'enroule ensuite sur un treuil de même type que les treuils de papillonnage.

L'intérieur de la coque dans lequel on accède par trois écoutilles, fermées par des panneaux, sert d'abri aux indigènes employés sur la drague.

Le personnel prévu pour la manœuvre de cet appareil se décompose ainsi:

12 coolies pour le treuil moteur, dont 5 de rechange;

1 pour le treuil d'élinde et le treuil de papillonnage avant bàbord;

1 pour le treuil d'avancement et le treuil de papillonnage avant tribord;

1 pour les deux treuils de papillonnage arrière;

1 caï ou chef-coolies, intéressé au rendement de l'engin et qui commande et surveille ce personnel;

Soit en tout 16 hommes.

Les essais faits à Haïphong et les dragages effectués à Hanoï pendant la durée de l'Exposition ont donné comme rendement une moyenne de 7,8 m³ par heure, ce qui fait au minimum 60 m³ de déblais extraits à 2 m et déposés à 5 m. par journée de huit heures de travail effectif.

NOTE

SUR LA

RÉGULATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES

PAR

M. A. NEYRET

Dans son intéressante étude sur la régulation des moteurs appliqués à la commande des machines dynamo-électriques parue dans le Bulletin d'octobre 1903 de la Société des Ingénieurs Civils de France, M. Picou a fait allusion au dispositif Routin et il en a donné, dans une annexe, une description et une analyse sommaires (pages 413 et suivantes).

M. Picou a formulé deux critiques qui, à notre avis, ne sont pas justifiées et nous allons tâcher de le prouver.

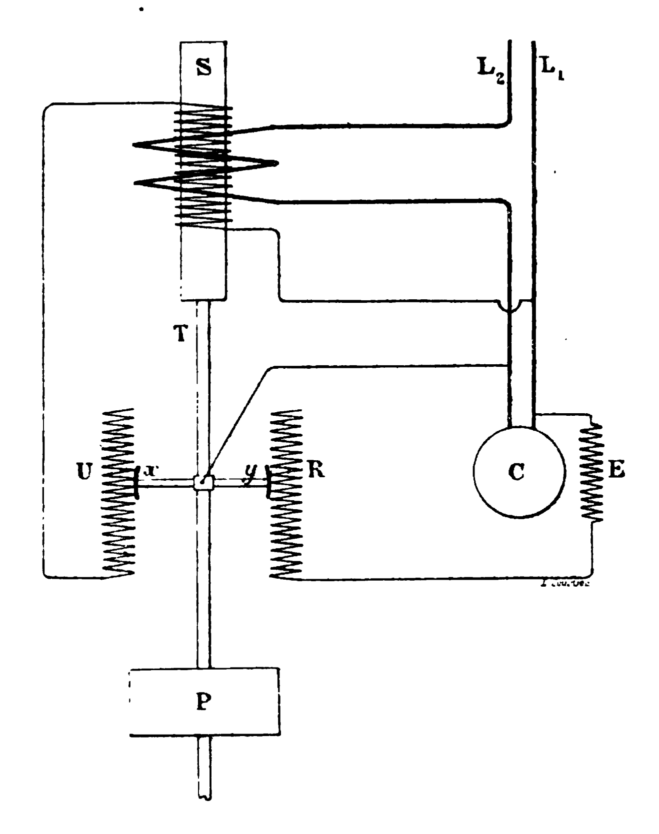
Nous décrirons d'abord très brièvement le dispositif Routin et nous en donnerons une figure schématique exacte, celle de la page 413 du Bulletin comportant une erreur de connexions.

Nous nous reportons, à cet effet, à la conférence faite par M. Routin, en juillet 1902, aux élèves de l'École supérieure d'Électricité, conférence qui a été publiée dans le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens* (2e série, tome II, n° 18).

« Cas d'une dynamo a courant continu actionnée par une machine a vapeur. — C représente le générateur à courant continu ; L_1 L_2 les conducteurs reliés au réseau d'utilisation ; E le circuit d'excitation (bobinage inducteur de C) ; R le rhéostat d'excitation permettant de faire varier (par le déplacement de la touche de contact glissant *y*) le voltage aux bornes du générateur C. S est un double solénoïde portant deux bobinages distincts : l'un d'eux est relié en série avec le circuit d'utilisation et parcouru, par conséquent, par le courant principal; l'autre est branché en dérivation aux bornes de la machine, avec interposition d'un rhéostat U dont la résistance peut être augmentée ou diminuée par le déplacement d'un contact glissant *x*. Les connexions sont établies de façon que l'action magnétisante du solénoïde en série s'oppose à l'action, toujours prépondérante,

du solénoïde en dérivation. De plus, l'appareil est supposé construit de telle façon que l'attraction du solénoïde sur son noyau soit indépendante du déplacement de ce dernier et ne varie qu'en fonction du nombre total d'ampères-tours agissant dans le bobinage (1).

» Le noyau du solénoïde S est prolongé par une tige rigide T reliée au mécanisme qui fait varier l'admission de la vapeur; le mouvement de haut en bas augmente l'admission, le mouvement de bas en haut la diminue.



» La tige T porte, en outre, les deux contacts glissants x et y dont il a été parlé précédemment. Ces deux contacts sont supposés reliés par un conducteur souple à l'une des bornes de la dynamo. Enfin, un poids P tend à entraîner la tige T de haut en bas.

(1) En pratique, cette difficulté d'exécution est supprimée, car le noyau S agit sur T par l'intermédiaire d'un servo-moteur; cet appareil auxiliaire n'a pas été figuré pour simplifier les explications.

» Fonctionnement. — Supposons que, pour une certaine charge, la tige T soit, à un moment donné, en équilibre sous l'influence du poids P et de l'attraction du solénoïde S.

» Supposons, de plus, qu'à cet instant la vitesse et le voltage aient leurs valeurs normales et que l'admission de vapeur corresponde exactement à la charge; cette dernière condition a pour conséquence l'égalité entre le couple moteur et le couple résistant.

» Pour la clarté de nos explications, nous supposerons tout d'abord la dynamo compoundée d'après les procédés ordinaires: le régulateur n'a plus alors qu'à maintenir l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant.

» Toute augmentation de charge équivaut, dans cette hypothèse, à une augmentation proportionnelle du nombre d'ampères débités par le générateur.

» En nous reportant à ce que nous avons dit plus haut, savoir que l'action magnétisante du solénoïde en série s'oppose à l'action toujours prépondérante du solénoïde en dérivation, nous voyons que l'augmentation du nombre d'ampères-tours en série produira une diminution des ampères-tours totaux et, par suite, une diminution de l'attraction sur le noyau : il s'ensuit que le poids P entraînera la tige T de haut en bas. Remarquons, de suite, que ce déplacement entraînera l'augmentation progressive de l'admission.

» Mais, d'autre part, comme la tige T entraîne le contact glissant x, la résistance intercalée dans le circuit du solénoïde en dérivation diminue progressivement et suivant une loi absolument arbitraire, qui ne dépend que des valeurs des résistances intercalées entre les plots successifs du rhéostat U.

» Le mouvement de descente s'arrêtera donc de lui-même dès que l'augmentation des ampères-tours du solénoïde en dérivation aura compensé l'augmentation des ampères-tours du solénoïde en série.

» Pour que l'équilibre se trouve automatiquement maintenu entre le couple moteur et le couple résistant, il suffira d'ajuster convenablement les résistances intercalées entre les plots successifs du rhéostat U, de telle façon que le mouvement de la tige T soit arrêté au moment voulu.

» Présentées sous forme algébrique, les explications sont plus claires encore :

» Une augmentation de A ampères dans le débit exige une

augmentation de l'admission correspondant à un déplacement *t* de la tige T. On devra donc ajuster les résistances élémentaires du rhéostat U de telle façon que, pour un déplacement *t* du contact *x*, l'augmentation du courant dérivé compense l'augmentation du courant principal.

» Si nous envisageons maintenant le cas le plus général d'une machine shunt, nous voyons immédiatement qu'il suffira d'ajuster les résistances élémentaires du rhéostat d'excitation R de telle façon que le déplacement de la touche y maintienne le voltage à toutes charges, pour être immédiatement ramené au cas particulier d'une machine compoundée d'après les procédés ordinaires en ce qui concerne les explications précédentes.

» On voit que le rôle du régulateur consiste à modifier immédiatement, et à la fois, l'excitation de la dynamo et l'admission de la machine à vapeur, de façon à maintenir le voltage et rétablir instantanément l'équilibre entre le couple moteur et le couple résistant.

» Remarques. — 1° Il est intéressant d'examiner comment se comporte le régulateur aux deux cas limites de la rupture des plombs fusibles ou d'un court-circuit.

» Dans le cas de fusion des plombs, la décharge brusque, entraînant la disparition des contre-ampères-tours du solénoïde en série, fait immédiatement fermer.

» Dans le cas d'un court-circuit, les contre-ampères-tours série, tendant vers une valeur infinie, prennent exceptionnellement la prédominance; le flux magnétique est renversé et la tige remonte, commandant encore la fermeture.

» 2° Il est également très intéressant d'étudier l'effet produit à charge extérieure constante, par une perturbation dans le régime du groupe.

» Si, pour une raison quelconque, la vitesse du groupe venait momentanément à dépasser la valeur normale, il en résulterait une augmentation proportionnelle du courant dans les deux enroulements du solénoïde régulateur et, par suite, une augmentation de l'attraction qui provoquerait la fermeture.

» L'inverse se produirait dans le cas où, pour une raison quelconque, la vitesse tomberait momentanément en dessous de sa valeur normale; le système est donc parfaitement stable.

» Au reste, s'il était besoin, dans certains cas spéciaux (par exemple si l'on avait à craindre les effets de variations brusques

et très importantes dans la pression du fluide moteur), de renforcer cette réaction du régulateur contre les variations éventuelles de la vitesse, il suffirait de combiner le dispositif ci-dessus décrit avec un régulateur tachymétrique quelconque, soit en les attelant à un même levier, soit en les faisant agir sur des relais convenablement disposés. »

La première critique de M. Picou est celle-ci :

« Dans le cas de production de courant continu ou alternatif non décalé, le mécanisme est surabondant ; le rhéostat U peut être supprimé sans inconvénient. »

Pour réfuter cette critique, nous allons montrer l'action du rhéostat U, appelé par M. Routin rhéostat de stoppage, au point de vue de la sensibilité, que M. Picou n'a pas envisagé.

Si nous désignons par A le nombre d'ampères-tours résultants dans le solénoïde différentiel, la sensibilité peut être considérée comme mesurée par le rapport $\frac{dA}{dI}$ de la variation dA produite dans les ampères-tours résultant à la perturbation dI survenue dans le courant.

Comparons les valeurs de ce rapport $\frac{dA}{dI}$ dans l'appareil complet et dans l'appareil privé du rhéostat U.

Désignons :

Par N et n les nombres respectifs des tours de fils dans les enroulement série et dérivation ;

Par I le courant principal ;

Par i le courant dérivé ;

Par E la tension aux bornes de la dynamo ;

Par ρ la résistance de la partie active du rhéostat U ;

Par k la résistance du solénoide en dérivation ;

Par r la résistance des appareils d'utilisation ;

Par l la résistance de la ligne.

Nous avons :

$$I = \frac{E}{r + l},$$

$$i = \frac{E}{\rho + k},$$

$$A = ni - NI = E\left(\frac{n}{\rho + k} - \frac{N}{r + l}\right), \qquad [1]$$

d'où $$\frac{dA}{dI} = -N. \qquad [2]$$

Déterminons N en fonction des données,

A vide; $r = \infty$; $\rho = \rho_0$ et $E = E_0$;

donc $$A = E_0 \frac{n}{\rho_0 + k},$$

d'où $$n = \frac{A}{E_0}(\rho_0 + k). \qquad [3]$$

En pleine charge, si R désigne la résistance complète du réseau, ρ_1 la valeur de la résistance active du rhéostat U,

$$A = E\left(\frac{n}{\rho_1 + k} - \frac{N}{R + l}\right),$$

d'où $$N = \left(\frac{A}{E} - \frac{n}{\rho_1 + k}\right)(R + l);$$

où, en tenant compte de l'équation [3] :

$$N = \left(\frac{A}{E} - \frac{A}{E_0}\frac{\rho_0 + k}{\rho_1 + k}\right)(R + l).$$

Si, comme le propose M. Picou, on supprimait le rhéostat U, cela reviendrait à annuler ρ_0 et ρ_1 et l'expression de N deviendrait : $$N = \frac{A}{EE_0}(R + l)(E_0 - E). \qquad [5]$$

Le rapport $\frac{\rho_0 + k}{\rho_1 + k}$ est toujours supérieur à l'unité; pratiquement on peut le prendre égal à 2 (théoriquement on pourrait aller jusqu'à 3). D'autre part, en admettant une perte en ligne de 10 0/0, ce qui est considérable, on a :

$$E = E_0 . 1,1.$$

La sensibilité de l'appareil tronqué serait alors

$$\frac{dA}{dI} = -N = \frac{+A}{EE_0}(R + l) E_0 . 0,1,$$

et celle de l'appareil Routin, avec le rhéostat U :

$$\frac{dA}{dI} = -N = \frac{+A}{EE_0}(R + l) E_0 . 1,2.$$

La sensibilité de ce dernier appareil est donc 12 fois plus grande.

Si la perte en ligne était réduite à 5 0/0, la sensibilité de l'appareil tronqué serait :

$$\frac{dA}{dI} = N = + \frac{A}{EE_0}(R + l)\, E_0 \,.\, 0{,}05,$$

et celle de l'appareil Routin :

$$\frac{dA}{dI} = N = + \frac{A}{EE_0}(R + l)\, E_0 \,.\, 1{,}1,$$

soit 22 fois plus grande.

Dans certains cas, la perte en ligne peut être encore bien moindre ; par exemple quand, dans une installation comportant plusieurs unités, une seule est en marche.

Si cette perte en ligne s'élève à 1 0/0, la sensibilité de l'appareil Routin est 102 fois plus grande que la sensibilité de l'appareil tronqué.

Il est à peine besoin de faire remarquer que pratiquement ce dernier appareil ne fonctionnerait pas dans ce cas.

Le rôle du rhéostat de stoppage est donc loin d'être négligeable. D'ailleurs il donne non seulement la sensibilité, comme nous venons de l'établir, mais encore la stabilité, comme l'a montré M. Routin dans la conférence que nous avons citée, et à laquelle nous nous contenterons de renvoyer les lecteurs que la question pourrait intéresser (*Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, deuxième série, tome II, n° 1).

La deuxième critique de M. Picou est celle-ci : Si l'on doit produire du courant alternatif notablement décalé, le dispositif est insuffisant et nécessite un complément de réglage à la main. M. Picou précise sa critique en ces termes :

« Dans son dispositif de réalisation, M. Routin a dû, pour tenir compte du décalage, modifier la variation d'excitation réglée par le rhéostat R. Il a conservé, par la disposition cinématique des organes, la proportionnalité entre le déplacement du contact *y* et celui de la tige T ; mais il s'est réservé les moyens de faire varier, à la main, le taux de proportionnalité. Chaque variation du décalage exige donc une intervention du personnel surveillant ; et comme il n'existe pas encore d'instrument suffisamment simple pour indiquer, d'une manière continue, le décalage, cette intervention doit rester un peu incertaine.

« Cette solution de la régulation, bien que réalisant un véritable progrès sur l'état de choses antérieur, reste donc incomplète sous le rapport de l'observation des conditions de réglage électrique automatique ».

Nous répondrons à cette critique en faisant observer d'abord que l'allure des variations du décalage n'est pas la même que l'allure des variations du courant. Dans l'immense majorité des stations, tandis que l'intensité du courant subit des variations notables et incessantes, l'angle de décalage oscille, tout en s'en écartant fort peu, autour d'une valeur moyenne pendant le jour et d'une autre valeur moyenne pendant la nuit.

La valeur moyenne de jour correspond à l'utilisation sur un circuit inductif et la valeur moyenne de nuit à l'utilisation sur un circuit d'éclairage. En pratique, on peut s'en tenir à ces deux valeurs moyennes et régler pendant le jour avec le $\cos\varphi$ de jour et pendant la nuit avec le $\cos\varphi$ de nuit

Le dispositif de M. Routin n'exige donc que deux interventions par jour du personnel surveillant, une le matin, l'autre le soir et à des heures à peu près fixes. L'inconvénient n'est pas bien grave à notre avis et ne nous paraît pas compromettre d'une façon bien sérieuse le caractère « d'automaticité » du réglage.

Au reste, pour les cas exceptionnels où il serait indispensable que le réglage fût adapté d'une manière continue à des variations continues du décalage, on pourrait employer une disposition complémentaire récente de M. Routin qui assure intégralement l'observation des conditions de réglage électrique et automatique.

Nous dirons à la fin de la présente note quelques mots de cette disposition.

En ce qui concerne le dispositif indiqué par M. Picou pour le cas de générateurs à courant alternatif, on peut se demander si, pratiquement, il donne bien la solution du problème de la régulation électrique automatique.

M. Picou déclare qu'il n'existe pas d'instrument suffisamment simple pour indiquer, d'une manière continue, le décalage et il admet cependant que le pseudo-wattmètre, qui caractérise son dispositif, agira docilement en proportion de la composante déwattée, sera par suite susceptible d'indiquer le décalage et commandera, en outre, les touches d'un rhéostat de façon à modifier sa résistance suivant les variations du décalage.

Si le pseudo-wattmètre, qui n'est pas un appareil compliqué, peut remplir convenablement ce double rôle, il ne nous paraît guère possible de nous rallier à l'affirmation de M. Picou relative à l'absence d'instruments simples capables d'indiquer d'une manière continue le décalage; si, au contraire, il faut nous en tenir à cette affirmation, nous ne fondons pas les mêmes espérances que M. Picou sur les résultats pratiques à attendre du pseudo-wattmètre.

En résumé, les critiques adressées par M. Picou au dispositif de M. Routin sont très sévères et l'étude attentive de ce dispositif ne les justifie en aucune façon.

A notre avis d'ailleurs M. Picou et M. Routin ont envisagé le problème de la régulation des groupes électrogènes de la même façon et l'ont résolu par des moyens qui présentent en leurs points principaux les plus grandes analogies.

A ce point de vue, il est intéressant de rapprocher l'étude de M. Picou parue dans le *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* (6me série n° 10, octobre 1903) de la conférence faite par M. Routin aux élèves de l'École supérieure d'électricité en juillet 1902 et parue dans le *Bulletin de la Société Internationale des Électriciens* (1902, 2me série, tome II, n° 18).

M. Picou pose, en quelque sorte, la question en ces termes :

« Les groupes électrogènes existants sont donc le résultat d'un assemblage d'organes étudiés séparément, et la plupart des inconvénients qu'on a rencontrés dans leur exploitation n'a d'autre cause que cette dualité d'origine.

» La machine dynamo-électrique ayant été maintenant poussée aussi près que possible de la perfection, le moment est venu d'étudier d'ensemble le groupe électrogène, en considérant ses deux constituants : moteur et dynamo,

M. Routin avait dit, dans sa conférence :

« Dans le cas le plus général, où il s'agit de régulariser les groupes électrogènes à courants polyphasés, le problème à résoudre est double; il faut prévoir, d'une part, le réglage de la vitesse, qui s'obtient en agissant sur les organes d'admission du moteur, et, d'autre part, le réglage de la tension, qui s'obtient en agissant sur l'excitatrice du générateur.

» Il semble que, jusqu'à ce jour, on ait eu tort d'envisager, comme constituant deux problèmes différents, ces deux faces d'un même problème. »

comme devant être intimement conçus l'un pour l'autre, en vue de satisfaire exactement aux conditions de marche requises par l'exploitation... »

M. Picou dit encore :

« Les mécaniciens ont fait porter tous leurs efforts sur la réduction de cet écart entre les vitesses extrêmes;... et les efforts du mécanicien pour rendre la chute de vitesse négligeable se trouvent vains; car, dès les premières tentatives de couplage, l'électricien reconnut la nécessité de redonner une valeur élevée à la chute de vitesse, laborieusement réduite par le mécanicien. »

M. Routin avait dit :

« L'électricien a apporté tous ses soins au perfectionnement des générateurs, en vue de maintenir la constance du voltage, tandis que son collègue le mécanicien s'évertuait à resserrer entre des limites toujours plus rapprochées la variation de vitesse de son moteur... c'est ainsi que les électriciens ont été conduits à reconnaître, au grand scandale des mécaniciens, que le moyen le plus sûr de rendre pratiquement impossible la marche en parallèle des alternateurs consistait à munir les moteurs des régulateurs mécaniques les plus perfectionnés. »

Quels sont les moyens proposés par M. Picou et par M. Routin pour solutionner le problème de la régulation?

La conceplion nouvelle du réglage du groupe électrogène a conduit M. Routin, puis M. Picou, à l'asservissement à une même commande des organes de réglage électrique et des organes de réglage mécanique.

M. Picou dit à ce sujet :

« ...Quant au rhéostat d'excitation, il est aussi applicable; mais avec cet avantage inappréciable, qu'il permet

M. Routin avait dit :

« A la vitesse normale, pour une charge déterminée, le degré d'ouverture de l'admission au moteur, aussi bien

maintenant d'assurer une régulation entièrement automatique. Il suffit, pour cela, de lier la tringle de commande du rhéostat au mécanisme de distribution.

» La vitesse étant, en effet, rigoureusement constante par hypothèse, il n'existe plus qu'une seule valeur de la force électromotrice et, par suite, une seule position du rhéostat pour chaque valeur de la puissance P.

» Comme il en est de même pour les valeurs de l'admission, c'est-à-dire pour les positions du point X, il est alors tout indiqué d'attacher la tige du rhéostat au point X ou au point B, qui est équivalent, le point A étant fixe dans l'espace. »

(Se reporter à la figure 5, page 395, du *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils.*)

que l'excitation nécessaire pour obtenir le voltage normal, sont très exactement définis...

» ..Cette première remarque conduit à l'asservissement à une seule et même commande des organes qui règlent l'admission et du rhéostat d'excitation. »

En ce qui concerne la commande automatique par action différentielle,

M. Picou dit :

« Les deux organes de réglage en fonction de *u* (tension) ou de I (courant).... doivent être reliés au levier de commande de l'ouverture de la distribution, de manière à agir sur lui différentiellement. »

M. Routin avait dit :

« Les fonctions multiples de l'appareil automatique peuvent se résumer comme suit :

» L'augmentation du courant, la diminution du voltage ou la diminution de la vitesse doivent commander l'ouverture de l'admission et l'augmentation de l'excitation.

» Cette énumération indique

clairement que la solution devait être demandée à un système différentiel, opposant l'effet produit par le courant aux effets du voltage et de la vitesse. »

Pour les résultats à attendre de l'application du principe différentiel,

M. Picou dit :

« Il faut remarquer immédiatement que l'augmentation d'effort moteur, dû à l'ouverture de la valve par S (organe qui commande l'ouverture de la valve en proportion de l'intensité), peut se produire sans nécessiter aucune variation de la vitesse du moteur principal. »

M. Routin avait dit :

« Avec le régulateur électromécanique... la sensibilité et la stabilité... peuvent être rendues incomparablement plus grandes que dans les anciens régulateurs, sans qu'il soit nécessaire d'admettre une tolérance quelconque dans les variations de la vitesse et du voltage. »

Quant aux moyens préconisés, ils sont identiques, en fait, car ils consistent à utiliser l'action différentielle du courant et de la vitesse (ou de la tension) pour modifier dans le sens convenable l'ouverture d'admission du moteur et manœuvrer simultanément le rhéostat d'excitation du générateur.

Nous avons fait allusion plus haut au dispositif complémentaire imaginé par M. Routin pour tenir compte automatiquement des variations du facteur de puissance. Nous le décrirons en quelques mots :

En principe, le dispositif a pour but de compenser la chute de tension due au décalage, chute de tension qui, comme on le sait, est d'autant plus forte que le facteur de puissance est plus faible, en provoquant automatiquement une légère variation de la vitesse qui entraîne elle-même une augmentation convenable de l'excitation.

Pour obtenir ce résultat, M. Routin ajoute au régulateur différentiel, qu'il a décrit dans sa conférence aux élèves de l'École supérieure d'Électricité (*Bulletin de la Société Internationale des Électriciens*, 2e série, tome II, n° 18, figure 13), un organe qui

produit sur le levier du régulateur un effort de même sens que le courant principal et d'autant plus énergique que le facteur de puissance sera plus faible.

Cet organe supplémentaire, appelé par M. Routin « compensateur d'induction », peut être constitué, par exemple, par un secteur métallique relié au levier du régulateur et soumis aux champs magnétiques créés par trois bobines, dont l'une en série avec le courant principal, et les deux autres parcourues par un courant dérivé entièrement watté.

Il s'ensuit forcément que, pour une même valeur du courant watté, le mécanisme réglera à une vitesse variable suivant la valeur du courant déwatté et d'autant plus grande que le courant déwatté sera lui-même plus grand.

On ne demande plus alors au rhéostat d'excitation que de régler dans le cas où le facteur de puissance est égal à l'unité.

Dans le cas où l'excitatrice est accouplée à l'alternateur, la variation de vitesse agit directement sur l'excitation; lorsque l'excitatrice est indépendante, on peut obtenir le même résultat en reliant mécaniquement l'organe qui règle la marche du moteur de l'excitatrice à l'organe qui règle la marche du moteur du générateur.

Pour limiter l'écart de vitesse, on peut encore employer un petit régulateur tachymétrique auxiliaire qui commanderait un rhéostat spécial, placé, par exemple, en série dans le circuit d'excitation de l'alternateur, et construit de façon à provoquer, d'une manière progressive, pour une petite variation de vitesse, une grande variation dans l'excitation.

M. Routin a, d'ailleurs, apporté à son régulateur un grand nombre d'autres perfectionnements.

Nous nous promettons de faire dans quelque temps une communication sur ces perfectionnements, qui nous paraissent donner une solution complète et pratique du problème de la régulation des groupés électrogrènes.

RÉPONSE A LA NOTE

SUR LA

RÉGULATION DES GROUPES ÉLECTROGÈNES

de M. A. NEYRET

PAR

M. R. PICOU

La note de M. Neyret tend, dans son fond comme dans sa forme, à mettre en évidence que ma conception du réglage des groupes électrogènes et celle de M. Routin reposent sur les mêmes idées générales.

Que peut-il y avoir d'étonnant à cela ? L'idée de faire agir des organes électriques sur la régulation des moteurs de groupes électrogènes est fort ancienne. Sans remonter à plus de vingt années en arrière, on peut rappeler les dispositifs proposés, de 1885 à 1888, par Richardson, Bosanquet et Tomlinson, Willans, Crompton, Porte-Manville, Menges, Amet, Jones, Kennedy, etc. A l'Exposition de 1900, un moteur Robey, attelé à une dynamo Scott-Mountain, possédait un organe de ce genre.

Ces dispositifs, sauf celui de Menges, n'ont pas survécu parce qu'ils étaient mal raisonnés, ne s'appuyant pas sur les lois élémentaires de la mécanique et de l'électromagnétisme. Mais, du jour où la question était traitée en partant des principes exacts, il devenait inévitable qu'elle ne pût l'être que dans des termes à peu près identiques, par l'exposé des mêmes idées générales.

M. Routin considérerait-il que des idées générales puissent devenir une propriété personnelle ?

En ce qui concerne l'application de ces idées, l'auteur écrit : « Quant aux moyens préconisés, ils sont identiques en fait. » C'est un point que, pour bien des raisons, je m'abstiendrai de discuter ici. C'est d'ailleurs inutile ; les deux mécanismes sont décrits ; le lecteur peut les comparer sans s'embarrasser des commentaires de leurs auteurs. Il jugera donc sur pièces ; cela me suffit.

NOTE RELATIVE
AU MÉMOIRE DE M. VOJACEK
SUR UN GISEMENT DE MINERAIS EN BOHÊME (1)

M. Vojaček, Ingénieur à Prague, signale dans son mémoire que, à l'ouest de la petite ville de Skalitz et auprès des villages d'Ilrado-Strimelitz et de Kostelo-Strimelitz s'étend la crête d'un massif montagneux de direction nord-sud.

Ce massif, peu élevé, a environ une superficie de 9 km de longueur sur 4 km de largeur; il est limité au nord-ouest par les vallées de Kostelo-Strimelitz et d'Ilrado-Strimelitz, et au sud-ouest par la rivière Sazava. Il est particulièrement riche en gisements de plomb, cuivre et zinc.

D'anciens amas et éboulis indiquent qu'autrefois une exploitation de ces gisements avait eu lieu à faible profondeur, mais on n'a aucune indication bien précise sur ces travaux, par suite de la disparition de tous documents pendant les guerres et les troubles qui ont affecté le pays.

Cependant de célèbres spécialistes autrichiens fournissent dans leurs ouvrages quelques indications intéressantes sur la richesse de ces mines.

Les principales publications sont :

1° *Essai d'histoire naturelle et politique sur les mines de Bohème et de Moravie*, par M. Puthner de Liechtenfils;

2° *Ébauche de l'histoire des anciennes mines de Bohème*, par le comte Gaspar de Sternberg;

3° *Chronique géologique allemande*, 1863, Vol. XIII, par le baron Andrian.

Les schistes argileux de Skalitz et des environs sont principalement riches en limonite, hématite, oxydes de fer et de cuivre.

Au sud de Skalitz existent cinq filons contenant surtout des sulfures de plomb et de zinc argentifères. Ils sont parallèles et assez rapprochés.

Leur puissance moyenne est de 2 à 3 pieds.

Les autres filons connus, au voisinage de Skalitz et d'Ilrado

(1) Ce mémoire se trouve dans les archives de la Société.

Strimelitz, contiennent surtout des minerais de fer et de cuivre. Les travaux y ayant, toutefois, été peu développés, on ne peut avoir une idée bien exacte de l'importance de ces gisements, surtout en profondeur.

Le comte Gaspar de Sternberg décrit l'activité, relativement importante, de ces mines au XVIe siècle. D'autres vieux documents, trouvés dans les archives, mentionnent que l'on a essayé, dans la suite, de mettre à nouveau ces mines en exploitation, mais que, par suite des guerres et des troubles, ainsi qu'à cause du manque de capitaux, l'exploitation, qui n'atteignit guère plus de 50 m de profondeur, ne put prendre de développement.

Au cours de ce siècle, on tenta encore de reprendre l'exploitation de ces mines, mais, faute de capitaux, ces tentatives échouèrent malgré les espérances que pouvait faire naître une mise en exploitation rationnelle.

En 1850, un commerçant de Prague entreprit des recherches, notamment à Ilrado Strimelitz sans capitaux suffisants; il réussit cependant, à la suite de découvertes, à obtenir une concession. Un rapport officiel, en date du 23 octobre 1854, conclut très favorablement au sujet de la richesse du gisement.

L'exploitation ne fut guère développée, cependant, et l'on ne dépassa pas la profondeur de 6 m. La mine fut vendue au Styrien Grösser, qui entreprit d'importants travaux d'exploration en vue d'une mise en exploitation rationnelle. Mais la guerre austro-allemande l'obligea à interrompre ses travaux et la société en formation abandonna ses projets.

Tous les filons de cette région ont une inclinaison qui varie jusqu'à 60 0/0, et leurs directions étant fort variables ils forment une sorte de filet dont Ilrado-Strimelitz est le centre.

A Ilrado-Strimelitz on a recoupé quatre filons par une galerie à faible profondeur.

Ces filons ont une allure lenticulaire, c'est-à-dire à puissance très variable, mais on peut bien augurer de leur importance en profondeur. Ces filons sont recouverts de limonite, d'hématite, d'ocre, d'azurites, de malachites et de pyrites cuivreuses et argentifères.

Les filons sont surtout composés de galène et de blende.

Dans le voisinage de Voderady, on a également reconnu des filons analogues, mais à peu de profondeur.

Les minerais des filons de Skalitz contiennent de 70 g à 500 g d'argent aux 100 kg et 60 0/0 de plomb.

On peut se procurer à bon compte, dans le pays, la main-d'œuvre, le bois et la dynamite. Les moyens de transport, quoique relativement faciles et peu coûteux, seront encore améliorés par la construction prochaine d'un chemin de fer projeté.

Enfin, il serait facile d'obtenir d'importantes concessions dans la région, après y avoir fait, toutefois, quelques travaux de recherches complémentaires.

L'intéressant mémoire de M. Vojaček attire tout spécialement l'attention des Ingénieurs sur une région riche au point de vue minéralogique. Il mérite tous nos remerciements pour les précieuses indications qu'il veut bien fournir en vue de faciliter et encourager l'initiative de ses collègues que ces questions intéressent.

Ouvrages pouvant être consultés par MM. les Ingénieurs que cette étude peut intéresser :

1° *Géologie de la Bohème*, par M. Morgan;

2° *Traité des gîtes minéraux et métallifères*, par MM. Fuchs et de Launay;

4° *Mémoires* de Michel Lévy et de Choulette (1869-1870).

———

CHRONIQUE

N° 293.

SOMMAIRE. — L'industrie de l'extraction du sel. — Les ponts métalliques des Chemins de fer de l'État prussien. — Les forêts et leur influence sur le régime des eaux. — L'industrie de l'acide sulfurique en Europe. — La glace sur le lac Michigan. — Le tunnel du Simplon.

L'industrie de l'extraction du sel. — Une communication de M. Bennett H. Brough, faite devant la Société des Arts, à Londres, sous le titre de *l'Extraction des minerais non métalliques*, contient d'intéressants détails sur l'industrie du sel.

Le sel est un des minéraux les plus répandus dans la nature; c'est un des éléments de l'eau de mer; on rencontre des lacs salés dans beaucoup de localités et le sel se trouve à l'état solide dans diverses formations géologiques.

D'après les statistiques recueillies par Sir C. Le Neve Foster, la production dans le monde, en 1901, du sel en roche, du sel provenant d'évaporation d'eau salée et d'eau de mer, s'élevait à 12 864 000t; dans ce total, les États-Unis entraient pour 2 612 820 t, la Russie pour 1 968 000, le Royaume-Uni pour 1 811 600, l'Allemagne pour 1 563 000, l'Inde pour 1 120 200, la France pour 910 350 et le Japon pour 659 000 t. Les autres pays dont la production est inférieure à 500 000 t sont, entre autres, l'Autriche, l'Italie, la Turquie et le Venezuela.

La consommation annuelle de sel pour l'alimentation est estimée comme suit, par M. F. A. Fürer, par tête d'habitant pour les diverses contrées : France, 5.26; Italie, 6,20; Allemagne, 7,25; Autriche, 7,70; Russie, 8,40; Royaume-Uni, 12,50 et États-Unis 15 kg.

De tous les pays, l'Angleterre est le plus riche en mines de sel et en sources salées. Les gisements les plus importants sont situés dans le Cheshire, où le sol est exploité depuis 1670. A l'embouchure de la Tees, où la présence du sel a été reconnue en 1862, les bancs de sel occupent une superficie de 52 km², et on estime que chaque kilomètre carré contient 40 millions de tonnes de sel. On obtient aussi beaucoup de sel de l'évaporation des eaux salées, car la production du sel en roche n'est guère que le dixième de la production totale. A Northwich, dans le Cheshire, il y a deux couches de sel gemme dans le terrain triasique, chacune de 20 à 25 m d'épaisseur, séparées par un banc de marne de 9 m.

En 1888, plusieurs exploitations de sel ont été réunies en une Société portant le nom de Salt Union, au capital de 1 400 000 livres sterling. Près de Middlesbrough, une couche de sel gemme de près de 30 m d'épaisseur est exploitée au moyen de nombreux puits forés, d'où l'eau salée est extraite par des pompes. L'eau passe d'abord dans un grand bassin, d'où elle arrive dans des chaudières d'évaporation mesurant 21 $\times$ 7,5 m avec une hauteur de 0,40 à 0,50 m, chaufféesà la houille.

Comme sel de table, on préfère le sel venant de l'évaporation de l'eau au sel en roche.

L'obtention du sel de l'eau salée est extrêmement simple. Bien que l'exploitation du sel, en Angleterre, date de l'occupation romaine, il y a eu si peu de modification dans les procédés que le matériel employé ne diffère pas sensiblement de celui dont on se servait il y a 1 400 ans. Néanmoins on a, à diverses reprises, introduit des modifications dans le but de réduire la consommation du combustible; ainsi sir Lowthian Bell a utilisé pour l'évaporation la chaleur des laitiers de hauts fourneaux. Aux forges de Bell frères, il existe cinq chaudières d'évaporation chauffées par les gaz des hauts fourneaux; ces gaz passent d'abord sous les générateurs de vapeur et ensuite chauffent les chaudières à évaporer l'eau salée. Il y a beaucoup de gisements qui, à cause de leur profondeur au-dessous du sol, peuvent être exploités plus facilement par pompage de l'eau salée.

A Syracuse, dans l'État de New-York, les puits ne sont pas forés dans la masse saline elle-même, mais dans d'anciens dépôts de gravier saturés d'eau salée; celle-ci est amenée en courant continu dans des bacs de 40 m de longueur où, l'eau s'évaporant, le sel se dépose sur le fond et est ramené sur les bords par des râteaux.

En Autriche, l'exploitation du sel a été commencée dans le Tyrol en 1280, et on a, dès cette époque, reconnu l'existence d'anciens travaux. Les mines préhistoriques de sel de Hallstatt ont été exploitées à plus de 180 m.

Les célèbres salines de Wieliczka, près de Cracovie, remontent aux temps préhistoriques. On en trouve la première mention dans une charte du roi Casimir Ier en 1044, mais la découverte des gisements est beaucoup plus ancienne, malgré la légende qui l'attribue à sainte Cunégonde. Le sel en roche se trouve dans l'étage inférieur du miocène; en forant les puits, on rencontre, après diverses couches d'argiles, de sables, de marnes et de gypse, la roche saline non stratifiée dans laquelle se trouve le sel en masses avec des détritus de grès, de calcaires et de granit dans les argiles vertes, et enfin les roches stratifiées composées de bancs de sel, d'argile et d'anhydrite. L'épaisseur de ces couches atteint jusqu'à 140 m. La partie des mines où on exploite les masses de sel des dépôts non stratifiés a longtemps attiré la curiosité des touristes. Depuis une date très reculée, l'exploitation s'est faite par des puits dont huit sont encore en usage; le plus profond, le puits Empereur-Joseph, atteint une profondeur de 300 m. Ce n'est qu'en 1860 qu'on applique à ce puits l'extraction par machine à vapeur. Dans le cours du dernier siècle, on a excavé pour l'exploitation du sel un volume total de 2 225 000 m^3; la longueur des galeries atteint 100 km.

Toute facilité est donnée aux touristes pour visiter ces mines très curieuses. L'objet principal d'intérêt est la chapelle de Saint-Antoine, qui a 8 $\times$ 6 m et 33,5 m. de hauteur, creusée entièrement, avec l'autel, les statues, piliers, etc., en 1698, dans le sel en roche. Dans la chambre de l'Empereur François, on voit deux pyramides taillées dans la roche pour rappeler la visite de l'Empereur en 1817. Dans la chambre dite Walczyn Steinhauser, creusée en 1743, on peut voir l'ancienne méthode employée pour descendre les ouvriers avec des cordes. Un bac traverse les visiteurs

sur le lac de la grotte du prince héritier Rodolphe; on visite enfin la salle de bal ou chambre de Latow. On cite encore comme objets intéressants la chambre de Michalovice faite de 1717 à 1761, laquelle mesure 36 m de hauteur, 18 de largeur et 27 de longueur, et est éclairée par un lustre de 200 bougies et la chambre du comte Golachowski, de 51 m de longueur, 20 de largeur et 16 de hauteur, située près du puits principal. Malheureusement la nécessité de soutenir les parties où on travaille obligera à remplir tôt ou tard ces excavations et les touristes qui visiteront, dans l'avenir, cette ville souterraine n'y trouveront plus les merveilles qui l'ont rendue célèbre.

Les mines de sel de Aussee, Hallstatt et Ischl, dans le Salzkammergut autrichien, de Hallen près Salzburg. Hall dans le Tyrol et Berchtesgaden dans la Haute Bavière, se ressemblent beaucoup et on y extrait le sel par l'introduction d'eau et le pompage de la dissolution saline. Les mines de Berchtesgaden, qui sont visitées chaque année par 20 000 touristes, datent du XIIe siècle et on peut suivre les phases de leur histoire par les inscriptions de tablettes commémoratives en marbre posées dans les galeries depuis 1514 jusqu'à l'époque actuelle. Une de ces tablettes, portant la date de 1726, se trouve dans une grotte transparente taillée dans la roche saline translucide qui est une des curiosités de la mine.

Un fait remarquable est qu'il se produit de temps en temps des explosions de grisou dans les mines de sel. La première de ces explosions qui ait été relatée eut lieu le 9 septembre 1664, dans la mine de Hallstadt en Autriche, vingt années avant ce qu'on admet généralement être la première constatation du grisou, mentionnée par Robert Plot dans son « Histoire naturelle du Staffordshire ». Dans diverses localités, notamment à Stassfurt et à Wieliczka, le sel présente des poches contenant des gaz comprimés qui s'échappent avec bruit, lorsque le sel est mis en dissolution. On trouve fréquemment dans le sel des cavités pleines de liquide, qui est généralement un hydrocarbure. A la mine de Szlatina, en Hongrie, une fissure du rocher a donné passage à de grandes quantités de gaz combustible qu'on a capté pour l'éclairage de la mine. Des fuites du même genre se présentent assez fréquemment aux mines de Wieliczka; ainsi, en 1828, un jet de gaz brûla pendant plusieurs semaines en donnant une flamme de 0,50 m de diamètre. Les anciens documents font souvent mention de ces jets de gaz. Ce n'est que récemment qu'on a interdit de mettre le feu à ces gaz ; on préfère une ventilation active et un éclairage approprié; on emploie des ventilateurs mus à bras et l'air est envoyé par des tuyaux en zinc de 0,120 m de diamètre; on se sert de lampes de sûreté du type Mueseler dans les exploitations où on peut rencontrer ces gaz.

Les dépôts de sel gemme de Hongrie ne le cèdent à aucun en Europe pour l'importance, ils sont en apparence inépuisables; les plus considérables sont en Transylvanie; on peut citer les mines de Szlatina, dont la richesse est estimée à 18 millions de tonnes, et celles de Deesakna. qui paraissent contenir 800 millions de tonnes de sel. Nous ne parlons pas des gisements moins importants, qui sont très nombreux.

On a proposé quantité de moyens plus ou moins ingénieux pour

sécher le sel et le mettre sous forme facilement transportable. Un de ces procédés est dû à un inventeur très fécond, feu Carl von Balzberg. Il se servait d'une presse hydraulique donnant des pressions allant jusqu'à 200 atm, et réduisait le sel à la moitié du volume primitif, ce qui présentait un sérieux avantage pour le transport et le magasinage. Les mines de sel d'Ischl ont une installation pour mettre le sel en briquettes et l'augmentent ; les mines d'Aussee font une installation pour fabriquer, par vingt-quatre heures 40 000 à 45 000 briquettes de sel de 1 kg, ne renfermant pas plus de 1 0/0 d'humidité.

On n'emploie pas de sel de provenance européenne au Soudan, sur les bords du Niger, au lac Tchad et au Congo belge, mais bien du sel en pains venant du Sahara. Ces pains pèsent environ 25 kg; tous les voyageurs les connaissent, ils forment un des principaux articles de commerce au Soudan. Les dépenses d'un long voyage et les dangers auxquels sont exposées les caravanes expliquent le prix auquel on vend le sel, prix d'autant plus élevé que la distance est plus grande. Ainsi le sel qui se vend l'équivalent de 1,30 f pour l'équivalent de 1 kg à Tombouctou, se vend 2,5 f dans le Haut-Niger et 5 f à Kong. Une société marseillaise met en ce moment sur le marché du sel pur moulé en blocs présentant l'apparence et le poli du marbre blanc; ces blocs ont le même poids que les pains de sel du Sahara. Ces derniers proviennent de trois endroits; les dépôts de Taodenite qui alimentent Sahal, le Niger et le Congo, ceux d'Idgil qui fournissent l'Afrique Occidentale et enfin ceux de Bilma pour le lac Tchad et l'Afrique Orientale. Ces dépôts ont été formés par l'évaporation de lacs salés de l'intérieur de l'Afrique.

Dans le midi de l'Europe et dans les contrées tropicales, on utilise la chaleur solaire pour évaporer l'eau dans des bassins peu profonds. On peut voir cette méthode en vigueur en Sicile, aux environs de Trapani où cette industrie remonte à 1307. On trouve quarante-cinq exploitations de ce genre à la suite les unes des autres sur la côte, jusqu'aux portes de Marsala. Bien que ce procédé d'extraction du sel de l'eau de mer soit tout à fait primitif, la production est considérable, à cause de la grande pureté de l'eau à cet endroit et de la continuité du beau temps en été. On extrait environ 200 000 t par an.

La presque totalité des salines est occupée par les bassins d'évaporation dans lesquels l'eau passe successivement en se réduisant peu à peu en vapeur, jusqu'à ce que le liquide arrive à retenir 30 à 35 0/0 de sel; il est alors prêt à l'évaporation finale, qui ne se fait que dans la saison propice et pour laquelle on le conserve. Les bassins dont on se sert ont environ 25 m de côté et 0,40 m de profondeur seulement; le fond est formé de sable fortement damé. L'eau y est amenée de la mer au moyen de moulins à vent. Un bassin de ce genre donne de trois à cinq récoltes dans la saison, qui finit lorsque viennent les pluies et les nuits humides de l'automne. Le sel obtenu est de trois qualités, le sel fin, le gros sel et le sel pilé qui ne s'exporte pas et est consommé dans le pays. Ces sels s'exportent dans la Scandinavie, au Canada, aux États-Unis et en général dans les contrées où s'exerce en grand l'industrie du salage du poisson. On emploie une méthode analogue pour extraire le sel de la mer par la chaleur solaire aux environs de Kurachee dans l'Inde.

Les ponts métalliques des Chemins de fer de l'État prussien. — Nous trouvons, dans les *Annales des Travaux publics de Belgique* le résumé suivant d'un article paru dans le *Zentrallblatt der Bauverwaltung* sur les ponts métalliques des Chemins de fer de l'État prussien.

Dans l'établissement des projets de ponts en métal, il est très utile de pouvoir disposer, pour les premiers calculs, de données sur le poids mort probable de la construction. Aussi existe-t-il un grand nombre de formules et tableaux qui ont pour objet de fournir ces données. Malheureusement ces renseignements ne rendent guère de services que lorsqu'ils ont été établis en vue de conditions bien déterminées, car le poids mort d'un pont métallique varie dans des limites excessivement larges, d'après la surcharge, le taux de travail, le type de l'ouvrage, le genre de construction, etc.

Dans cet ordre d'idées, M. Dirčksen, ingénieur à Berlin, a établi des formules donnant le poids mort des ponts de chemins de fer à simple voie, établis conformément aux prescriptions du règlement édicté le 1er mai 1903 par le Ministère des Travaux publics de Prusse.

Nous rappellerons les conditions principales imposées par ce règlement en ce qui concerne les calculs de stabilité.

Surcharges. — On considérera un train d'épreuve composé de deux locomotives de 85 t (5 essieux à 17 t) avec tenders de 39 t (3 essieux à 13 t) placées dans la position la plus défavorable et d'un nombre illimité de wagons de 26 t (2 essieux à 13 t).

Dans le calcul des poutres en treillis, cette surcharge sera majorée de de 50 0/0 pour la détermination du nombre des panneaux dans lesquels des contre-diagonales sont nécessaires.

Pour le calcul des petits ponts et celui des entretoises et longrines, on envisagera les charges suivantes, si elles produisent un plus grand effort que la locomotive mentionnée plus haut : un essieu de 20 t ou 2 essieux de 20 t chacun, ou 3 essieux de 19 t chacun ou 4 essieux de 18 t chacun.

Pression du vent. — La pression du vent sera comptée à raison de 150 kg par mètre carré pour le pont chargé et de 250 kg par mètre carré pour le pont non chargé.

Dans les ponts à voie en dessus et ne présentant qu'un contreventement situé au niveau des lisses inférieures, il faudra tenir compte de l'augmentation produite par le vent, de la charge verticale d'une maîtresse poutre, dès qu'elle dépasse une valeur égale à 10 0/0 de la charge totale due au poids mort et à la surcharge mobile.

Autres forces. — Si le pont est situé dans une courbe, on tiendra compte de l'influence de la force centrifuge.

Si le pont est situé dans une pente ou en avant d'une gare, il faudra considérer les effets des efforts de freinage.

Comme limite des variations de température, on admettra — 25° C + 45° C.

Taux de travail. — Si le métal employé est de l'acier doux (fer fondu), les limites supérieures des efforts subis par les pièces soumises à la

traction dans les poutres en treillis (à l'exception des contre-diagonales) et par les semelles des poutres à âme pleine de plus de 10 m de portée sont fixées comme suit :

Portée pouvant atteindre. m	20	40	80	120	160	200
Limite supérieure des efforts :						
α) Sans tenir compte de la pression du vent. . . . kg par mm²	8,5	9	9,5	10	10,5	11
β) En tenant compte de la pression du vent. . . . kg par mm²	10	10,5	11	11,5	11	12,5

Si, pour des raisons particulières, on emploie du fer (soudé), ces valeurs subiront une réduction de 10 0/0.

Pour les pièces travaillant à la compression, on admettra les mêmes limites d'effort que pour celles travaillant à la traction. Mais on devra, en outre, vérifier, au moyen de la formule d'Euler, qu'elles présentent un coefficient de sécurité contre le flambage égal à 5 au minimum.

Pour les poutres dont la portée ne dépasse pas 10 m, la limite supérieure du travail est fixée à 8 kg par millimètre carré si elles sont en acier doux et à 7,5 kg si elles sont en fer.

Pour les contreventements, les efforts pourront atteindre les valeurs indiquées en premier lieu sous α et β, avec cette restriction que l'on évitera d'employer des plats d'une section de moins de 80 × 10 mm et des cornières de moins de 70 × 70 × 10 mm. Les contreventements seront, autant que possible, formés de barres rigides.

Pour les rivets servant à assembler les éléments des maîtresses poutres, l'effort de cisaillement ne pourra dépasser les valeurs fixées en premier lieu pour le travail du fer, non compris la pression du vent, c'est-à-dire 90 0/0 des chiffres de la ligne α. Il en est de même des rivets des contreventements. Pour les rivets servant à assembler les longrines avec les entretoises et celles-ci avec les maîtresses poutres, les efforts de cisaillement seront inférieurs de 0,5 kg par millimètre carré aux valeurs indiquées plus haut pour ces pièces mêmes dans les différents cas.

Tensions secondaires. — Il ne sera généralement pas nécessaire de porter en compte les tensions secondaires occasionnées par la raideur des nœuds et par l'assemblage des longrines avec les entretoises et de celles-ci avec les maîtresses poutres. Lorsqu'on juge devoir déroger à cette règle, il importera d'examiner si et dans quelle mesure il convient de modifier les taux de travail fixés plus haut.

M. Dircksen, qui avait à sa disposition les projets d'exécution approuvés des divers ponts des Chemins de fer de l'État prussien, a fait un relevé du poids mort de ces ouvrages et traduit en formules les diagrammes ainsi obtenus. Ces formules donnent donc une traduction fidèle, au point de vue du poids mort, des usages actuellement en cours dans cette Administration.

En ce qui concerne d'abord le *poids de métal*, M. Dircksen donne, lorsqu'il s'agit de ponts droits, d'une hauteur de poutre non limitée et portant une voie en alignement droit, les formules suivantes exprimées en

prenant le kilogramme et le mètre comme unités, en fonction de la portée L :

1° Poutres à âme pleine, traverses posées directement sur les poutres, portée de 15 à 25 m :

$$240 + 54\ L;$$

2° Poutres à âme pleine en garde-corps, traverses posées sur longrines, portée de 10 à 25 m. Poids des poutres seules :

$$270 + 44\ L.$$

Poids total, y compris la voie :

3,00 m de largeur	650 + 44 L
3,30 —	700 + 44 L
3,70 —	790 + 44 L

3° Poutres en treillis au garde-corps :

a) Portées de 20 à 40 m. Poids des poutres seules :

$$540 + 27\ L,$$

Poids total y compris la voie :

4,80 m de largeur	1 140 + 27 L
4,90 —	1 165 + 27 L
5,00 —	1 210 + 27 L

b) Portées de 40 à 60 m. Poids des poutres seules :

$$680 + 27\ L.$$

Poids total y compris la voie :

4,80 m de largeur	1 280 + 27 L
4,90 —	1 305 + 27 L
5,00 —	1 350 + 27 L

Le ressaut que traduisent ces formules pour la portée de 40 m correspond au poids du contreventement supérieur;

4° Poutres en treillis sous voie :

Même poids de poutres que dans le cas 3° *a*. Poids total :

2,50 m de distance de poutres . .	1 030 + 27 L
3,50 — — . .	1 120 + 27 L

5° Poutres à âme pleine; voies posées dans un coffre de ballast sur platelage ou tôles embouties; portée 10 à 25 m. Poids des poutres seules :

$$270 + 49\ L.$$

Poids total y compris la voie :

a) Lorsque le ballast remplit tout l'intervalle entre poutres :

3,50 m de largeur.	940 + 49 L
3,70 —	1 110 + 49 L

b) Lorsque le ballast est contenu par des longrines spéciales :

3,30 m de largeur	1 040 + 49 L
3,70 —	1 210 + 49 L

6° Ponts à trois travées avec colonnes. Les formules précédentes sont encore applicables en ajoutant pour les colonnes 3 t si elles sont en acier doux, 6 t si elles sont en fonte. La formule suivante peut également servir à déterminer le poids total, y compris les colonnes, pour des ponts de 18 à 26 m, L désignant alors la somme des trois ouvertures :

$$1\,360 + 22\,L.$$

Lorsque la hauteur du tablier est limitée, le poids de la voie doit être augmenté, mais rarement de plus de 20 0/0. Si le pont est biais, le même poids doit subir également une majoration allant jusqu'à 12 0/0. Si la voie est en courbe de 300 m de rayon, le poids total des ponts pour des poutres allant jusqu'à 40 m ne dépasse pas de plus de 12 0/0 les poids ci-dessus.

Toutes les formules données ci-dessus ne comprennent que le poids de métal. Il faut y ajouter le poids des traverses, du plancher et des rails que l'on peut estimer comme suit :

TYPE DE PONT	LARGEUR	POIDS
	m	kg par m
Poutres à âme pleine sous voie	1,8	640
	2,0	775
Poutres à âme pleine en garde-corps	3,0	595
	3,3	630
	3,7	660
Poutres en treillis en garde-corps	4,8 à 5,0	680
Poutres en treillis sous voie	2,5	500
	3,5	550

Dans le cas d'une voie posée sur coffre de ballast, le poids doit être estimé par calcul direct. Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que, pour les ponts de 20 à 70 m avec poutres en treillis placées en garde-corps, la valeur du poids mort total, de la surcharge et de la charge complète, s'établit comme suit :

PORTÉE	POIDS MORT TOTAL	SURCHARGE UNIFORMÉMENT REPORTÉE	CHARGE TOTALE
Mètres.	Tonnes par mètre.	Tonnes par mètre.	Tonnes par mètre.
20	2,35	7,88	10,24
30	2,65	7,39	10,04
40	3 »	6,08	10,08
50	3,38	6,78	10,16
60	3,65	6,45	10,10
70	3,92	6,13	10,05

On peut donc admetre avec une certaine approximation que la charge totale (poids mort et surcharge) vaut environ 10 t par mètre. Avec une hauteur de poutre $h = \frac{1}{8}$ L, on a donc pour section des semelles :

$$\Omega = \frac{1}{2}\frac{M}{h\tau} = \frac{1}{2}\frac{10\frac{L^2}{8}}{\frac{L\tau}{8}} = \frac{5L}{\tau},$$

τ étant le taux de travail du métal.

On peut faire remarquer ici que, si on compare les surcharges portées dans le dernier tableau avec celles qui figurent dans le rapport présenté par M. de Leber au Congrès International des Chemins de fer en 1900, on trouve qu'elles correspondent approximativement à la catégorie des« trains extra-lourds d'Europe ».

Les forêts et leur influence sur le régime des eaux. — Les questions qui touchent à l'influence du déboisement sur les chutes de pluie et le régime hydraulique d'une contrée ont été l'objet de fréquentes discussions. Ce sujet est traité dans une petite brochure publiée récemment en Angleterre par le *Board of Agriculture and Fisheries* et dont le journal *The Surveyor* donne un résumé que nous publions d'après l'*Engineering Record.*

L'ensemble formant les arbres, c'est-à-dire le tronc, les branches et les feuilles, absorbent une partie de l'eau qui tombe et l'empêchent d'atteindre le sol ; on peut évaluer cette partie de 30 à 45 0/0 du total de l'eau tombée, mais la proportion dépend tant du caractère de la pluie que de la nature des arbres. Avec des pluies fortes ou continues, il arrive plus d'eau au sol qu'avec des pluies fines. De même, les arbres vivaces interceptent plus d'eau dans le courant d'une année que les arbres annuels, et les arbres retiennent naturellement plus d'eau en été qu'en hiver, pour la même raison.

Mais, bien que le sol d'une forêt reçoive moins d'eau qu'un terrain nu, l'humidité se conserve bien mieux dans le premier que dans le second. Des observations prolongées ont fait constater cet effet comparatif. La présence d'eau en abondance dans la terre, malgré l'abri que donnent les arbres, est due, en partie, à la moindre évaporation causée par la présence de ces arbres, qui empêchent l'action des rayons solaires, et, en partie, à la plus grande humidité de l'air sous ces arbres ; ces deux effets s'ajoutent pour combattre l'évaporation de l'eau qui imprègne le sol. De plus, la présence des racines des arbres qui forment une espèce de réseau à la surface de la terre est un obstacle à une circulation rapide de l'eau à cet endroit. Ces racines pénètrent souvent à une grande profondeur et, lorsqu'elles disparaissent par la pourriture, elles laissent à leur place des trous où l'eau pénètre facilement de l'extérieur. Le sol des forêts est plus perméable que celui des terrains découverts et l'eau y pénètre et y séjourne plus facilement.

Ces considérations font comprendre pourquoi les cours d'eau qui traversent les pays boisés sont moins sujets à des crues rapides et violentes;

leur régime est beaucoup plus regulier. C'est un avantage sérieux lorsque ces cours d'eau doivent servir à l'alimentation des localités. Non seulement on peut compter sur une quantité relativement constante, mais on n'a pas l'inconvénient des dépôts vaseux qui accompagnent les crues et qui donnent de l'eau trouble, encombrent les réservoirs et obstruent les filtres.

La présence de forêts sur un bassin qui alimente une localité équivaut à une augmentation de volume du réservoir de la distribution, parce que la présence des arbres retarde la circulation de l'eau et empêche en partie son évaporation. On doit remarquer également que la neige fond moins vite sous les arbres que sur un sol découvert, ce qui ajoute à l'effet qui vient d'être signalé. De même à la fonte des neiges, sous bois, la terre absorbe plus d'eau que sur sol découvert; en effet, dans ce dernier cas, le sol est souvent gelé à la surface et l'eau ne peut s'absorber, ce qui n'arrive pas sous bois, où les arbres protègent le sol de la gelée. Il en résulte que non seulement la présence d'une forêt s'oppose à la production des inondations, mais aussi que l'eau provenant de la fonte des neiges est beaucoup moins vaseuse que dans l'autre cas.

Non seulement les forêts exercent une influence considérable sur l'état d'humidité du sol, mais elles agissent sur sa température, même à une certaine profondeur. Des observations faites sur un certain nombre de stations du continent ont fait voir que la présence de forêts abaissait la température moyenne annuelle du sol à la surface de près de 1°,5 C. et à 1,20 m de profondeur de 1 degré environ.

Cette action réfrigérante est due à diverses causes réunies. Le feuillage des arbres fait obstacle au passage des rayons solaires; le bois mort et les feuilles sèches qui couvrent le sol empêchent la libre circulation entre le sol et l'atmosphère, tandis que l'humidité de la terre absorbe une certaine quantité de calorique sans élévation sensible de la température.

Si les forêts ont une action d'abaissement sur la température, cet effet est beaucoup plus marqué en été qu'en hiver. La moyenne des observations de onze stations en Allemagne montre que la température à la surface de la terre, en juillet, dans une forêt est de 4°,2 C. plus basse qu'en terrain découvert, tandis qu'en décembre, la différence est nulle et même négative. La présence des bois tend, par conséquent, à égaliser la température de l'eau du sol, ce qui a une importance considérable au point de vue de l'hygiène pour une eau potable. On peut mettre aussi à l'actif des forêts, qu'elles exercent une action épurative sur l'air et sur le sol; on trouve, en effet, moins de germes de toute nature dans un pays boisé que dans une même superficie de terrains découverts.

L'industrie de l'acide sulfurique en Europe. — M. le professeur G. Lunge, de Zürich, a fait au cinquième Congrès International de Chimie une communication sur l'état actuel de l'industrie de l'acide sulfurique en Europe; nous en reproduisons ici un résumé d'après le *Scientific American*.

La nature des produits bruts de cette fabrication n'a pas subi de changements depuis le Congrès de 1900. Toutefois, en Angleterre, on emploie de plus en plus le soufre pur de Sicile, probablement à cause des

cas d'empoisonnement causés par la présence de l'arsenic dans les produits obtenus avec l'acide qui contient ce corps. Au contraire, on emploie de moins en moins le soufre en Allemagne. Il n'y a pas à craindre que les pyrites viennent à manquer; on en grille tous les ans un million de tonnes en Espagne, sans en utiliser les composés sulfureux gazeux.

L'acide nitrique, l'agent indispensable dans la fabrication de l'acide sulfurique, a été récemment préparé, par une nouvelle méthode, au moyen de nitrates obtenus par l'assimilation par voie électrique de l'azote de l'atmosphère. Mais ce procédé est encore à l'état embryonnaire et, de plus, il ne donne pas de nitrates purs, mais ces sels, mélangés de nitrites. Or, ces derniers sont nuisibles aux végétaux et on ne peut, dès lors, employér ces produits comme matières fertilisantes; ils ont, d'ailleurs, l'inconvénient d'être hygrométriques, ce qui rend leur transport difficile. Si on chauffe ces sels, nitrate de chaux ou nitrate de magnésie, dans un courant d'air fortement chauffé, on peut en retirer tout l'azote nitrique (1) et le transformer en nitrate. L'auteur s'occupe en ce moment de l'étude de ce procédé.

Les fours à pyrites n'ont pas subi de changements importants. A côté des fours du type Malétra, les fours mécaniques Macdougall commencent à être employés, de même que les fours Her.shoff à refroidissement par l'air et les fours Frasch rafraichis par l'eau. L'inconvénient de ces divers appareils est dans la grande quantité de poussière qu'ils produisent. On y remédie par l'addition de grandes chambres où le mouvement du courant gazeux se ralentit; on emploie aussi, comme O'Brien l'a déjà fait, des appareils centrifuges pour retenir les poussières.

C'est en France que les chambres de plomb ont atteint leur plus grande perfection. On y emploie généralement une méthode simple: l'introduction d'eau froide pulvérisée et l'introduction d'air d'après le système Sprengel. A Aussig, en Autriche, de même que dans quelques fabriques allemandes, on emploie le même procédé. Les usines françaises produisent la plus grande quantité d'acide pour le même volume de chambres. Mais, en Allemagne surtout, on a accueilli favorablement une réforme hardie du vieux procédé des chambres de plomb, sans toutefois aller jusqu'au procédé catalytique. C'est ainsi que les chambres tangentielles de Meyer s'y sont introduites et trouvent d'autant plus de faveur qu'on y emploie l'introduction d'air et d'eau pulvérisée. Les tours de Lungo se répandent également, car il en avait été fourni 142 jusqu'en mars 1903. Ces tours ont l'avantage de réduire notablement l'espace occupé; une seule chambre de plomb et quatre tours suffisent pour la fabrication. Les tours de Glover et de Gay-Lussac n'ont pas subi de modifications appréciables; il en est de même de la théorie chimique de la réaction dans les chambres de plomb.

La purification de l'acide sulfurique, au point de vue de l'élimination de l'arsenic, a été le sujet de grandes discussions. Au point de vue des appareils de concentration, il faut signaler le dispositif de Ganner, qui se place sur les conduits amenant les vapeurs sulfureuses des fours et qui concentre l'acide sans aucune dépense de combustible.

(1) On emploie volontiers en France cette expression pour distinguer cet azote de celui qui provient de matières organiques et qu'on appelle azote ammoniacal.

Pour les appareils de platine, c'est celui de Hæraeus qui prévaut, mais celui de Kessler s'emploie fréquemment, de même que l'ingénieux four à radiation du même inventeur.

L'industrie de la fabrication de l'acide monohydraté par action frigorifique d'après la méthode Lunge-Griesheim a été la première victime du procédé par contact. La première idée de ce dernier remonte à l'anglais Peregrino Phillips, en 1831. En 1875, Winckler le proposa de nouveau et Knieysch, directeur des fabriques de Ludwigshaven, l'a depuis introduit avec succès.

On emploie deux procédés pour mettre en œuvre la méthode par contact : l'un se sert du platine, l'autre du peroxyde de fer; on ne saurait dire lequel est préférable. Les fabriques d'explosifs emploient avec avantage les acides produits par ces procédés pour l'obtention d'acides concentrés et aussi pour la fabrication des couleurs d'aniline.

Le prix de revient de l'acide sulfurique concentré est moindre avec le procédé par contact, mais les énormes quantités de cet acide employées à la fabrication des superphosphates et qui n'a pas besoin d'un degré élevé de concentration, sont produites plus économiquement dans les chambres de plomb. Si celles-ci sont munies des nouveaux appareils de tirage mécanique, des tours à réaction, des injections d'air et d'eau pulvérisée, elles peuvent lutter avec les procédés par contact, pour la fabrication de l'acide de 55 à 60 degrés Beaumé. Mais, pour l'acide très concentré, le procédé par contact reprend l'avantage.

Les statistiques montrent que la production de l'acide sulfurique est toujours la plus importante des industries chimiques; il suffit de jeter un coup d'œil sur les chiffres suivants : Grande-Bretagne, 1 100 000 t; Allemagne, 880 000 t; États-Unis, 870 000 t; France, 500 000 t; Italie, 200 000 t; Autriche-Hongrie, 200 000 t; Belgique, 164 000 t; Russie, 125 000 t et Japon, 50 000 t. Il y a aussi quelques fabriques en Espagne et dans les États Scandinaves, mais leur production est peu importante.

La glace sur le lac Michigan. — Les journaux américains font un tableau extraordinaire du service exceptionnellement dur que les bateaux porte-trains du Pere Marquette, sur le lac Michigan, ont eu à faire cet hiver. Dans cette période, la glace a été deux fois plus épaisse qu'on ne l'avait vue depuis l'établissement du service des bacs. Pendant le mois de février, le lac Michigan a été entièrement pris, à l'exception de quelques endroits où il n'existait qu'une assez mince couche de glace qui se brisait et se reformait à mesure. Dans la baie de Manitowoc, une des stations terminus du trajet des bacs, et à Ludington, l'autre terminus, la situation était aussi mauvaise que possible.

Le 13 février, le bateau n° 15 était pris dans la glace près de Kewannee; on envoya de Ludington le n° 18 à vide, pour le dégager; lorsque celui-ci arriva en vue de Kewannee, il n'aperçut pas le n° 15, supposa qu'il était entré dans le port et revint à Ludington.

Après avoir pris son chargement de wagons, il partit pour Manitowoc, et arrivé en vue de la Pointe des Trois-Rivières, il aperçut le n° 15 pris dans la glace; il alla à son aide et, après l'avoir dégagé, revint avec lui du côté de Manitowoc, le n° 18 marchant en tête. Ce dernier, arrivé

à 5 milles de Manitowoc, dans la baie du même nom, pensa qu'il utiliserait mieux son temps de son côté et partit pour refaire un passage derrière le n° 15; il ne réussit qu'à se faire prendre dans la glace. Il fit signal au n° 18 de s'arrêter et, dès que celui-ci eut obéi au signal, il fut lui-même pris dans la glace.

Pour empirer encore l'état des choses, la glace commença alors à dériver vers la côte en entraînant avec elle les deux bateaux et en les pressant avec une force irrésistible. Ils arrivèrent ainsi jusqu'à un mille du bord, distants l'un de l'autre de 1 mille environ, avec de chaque côté des glaçons empilés jusqu'à la hauteur du pont supérieur. Pour empêcher les propulseurs de geler, on tenait les machines continuellement en mouvement. Le 15 février au matin, on envoya le n° 17 de Milwaukee pour les dégager, ce bateau arriva vers midi. Il y eut entre les bateaux et la glace une lutte terrible qui dura quatre jours.

La glace était brisée pied par pied et refoulée sur les côtés de manière à former des talus de 4 à 5 m de hauteur de chaque côté du passage tracé et que le n° 17 parcourait continuellement pour le laisser libre et ne pas se laisser prendre.

Le thermomètre resta au-dessous de 18° C. pendant le temps que les bateaux furent emprisonnés. Le n° 17 finit par atteindre le n° 18 qui était le plus près du port, puis il manœuvra en avant et en arrière dans un cercle de 400 à 500 m de rayon et de chaque côté pour dégager le n° 18. Par moments, les glaçons s'enfonçaient et les hélices les refoulaient au fond de manière, qu'en remontant, ils ramenaient le sable à la surface.

Il fallut du 15 février à midi au mardi 16 dans l'après-midi pour dégager le n° 18. Les deux bateaux allèrent alors chercher le n° 15 distant d'un mille, en brisant la glace et en s'aidant l'un l'autre; ils finirent par atteindre le n° 15 en taillant une passe parallèle et purent, après avoir travaillé toute la nuit, le dégager vers 7 heures du matin. Les trois bateaux rentrèrent alors dans le port après une lutte épique dont il n'y avait pas encore d'exemples depuis que les bacs du Pere Marquette sont en service sur le Lac Michigan.

Le tunnel du Simplon. — Nous indiquions dans notre article de janvier 1904, sur le percement du Simplon, que l'envahissement du front d'attaque nord par des sources d'eau chaude laissait planer quelques doutes sur la date de l'achèvement de ce grand travail. On a pu épuiser la galerie avec le matériel dont nous avons parlé et reprendre la perforation mécanique au nord dès le 20 mars. Voici les avancements mensuels et totaux depuis le 1er janvier.

	NORD		SUD		TOTAL	
Janvier . .	0	10 144	146	7 898	146	18 042
Février . .	C	10 144	136	8 034	136	18 171
Mars . . .	33	10 177	148	8 182	181	18 359
Avril . . .	116	10 293	176	8 358	291	18 650

La longueur totale étant, comme on sait, de 19 729 m, il restait à percer au 30 avril 1 079 m ou 5,5 0/0 du total.

Si on admet le chiffre d'avancement d'avril, soit 291 m, chiffre qui pourrait probablement être dépassé, il aurait fallu trois mois et vingt jours pour achever le percement de la galerie d'avancement, ce qui aurait mis au 20 août la rencontre des deux attaques. Nous parlions, dans notre Chronique d'octobre 1903, du milieu de mai pour cette rencontre, on voit que le retard sur les premières prévisions n'aurait été guère que de trois mois, si rien n'était survenu pour amener de nouveaux retards.

Pendant le mois d'avril, la galerie nord a traversé les schistes calcaires, l'avancement s'est opéré à raison de 4 m par jour de travail; la perforation mécanique a été suspendue pendant vingt-six heures à cause des fêtes de Pâques. La température de la roche s'est élevée au front d'attaque à 46° 5 C. On ne signale pas de venues d'eau.

Au sud, l'avancement a traversé les micaschistes granitifères avec veines de quartz; la perforation mécanique a fonctionné à raison de 6,07 m par jour de travail; elle a été suspendue pendant vingt-quatre heures à l'occasion des fêtes de Pâques. La température de la roche a été au front d'attaque de 39° C. Le total des venues d'eau de ce côté a été de 729 l par seconde. On avait constaté 798 l en décembre 1903, et 772 l en janvier 1904.

Nous espérions n'avoir plus à reparler des travaux du Simplon que pour annoncer la rencontre des deux galeries d'avancement, dans la Chronique de septembre, si les choses avaient continué à marcher comme depuis le 20 mars.

Malheureusement le 21 mai, de nouvelles sources d'eau chaude rencontrées au nord, obligeaient à suspendre les travaux de ce côté. Les portes de fer, établies il y a quelque temps et dont nous avons parlé précédemment, ont été fermées. De cette façon l'eau ne gênera pas les ouvriers qui continueront à travailler à l'élargissement et au revêtement du tunnel.

Les travaux de perforation se continueront exclusivement du côté sud. Il reste encore 880 m à percer (21 mai). A raison de 150 m par mois en moyenne, on en aurait encore pour six mois, soit jusqu'à fin novembre. Six mois seront nécessaires pour parachever le tunnel, ce qui en reporterait l'ouverture au 1er juin 1905.

Mais encore faudrait-il que les sources d'eau chaude n'entravent pas trop les travaux au moment où l'avancement du sud arrivera dans la partie d'où on voit sourdre ces sources.

Le rapport de mai, dont nous avons connaissance au moment où nous corrigeons les épreuves de cette note, nous permet d'ajouter que, pendant le mois de mai, l'avancement a été de 83 m au nord et de 179 m au sud, ce qui donne ensemble 262 m et porte la longueur totale des deux galeries d'avancement au 1er juin à 18912 m, il restait donc à percer à cette date 817 m (1).

(1) Fin juin, il ne reste plus que 633 m, l'avancement de la galerie sud ayant été de 184 m pendant ce mois.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1904.

Rapport de M. HITIER, sur un mémoire du docteur A.-F. PLICQUE, intitulé **la dépopulation des campagnes.**

L'auteur a pris comme exemple le canton de Donnemarie-en-Montois, Seine-et-Marne, qui comptait, en 1869, une population de 9764 habitants, réduite aujourd'hui à 7683. La cause de cette diminution est, avant tout, l'excès des décès sur les naissances.

Cette mortalité tient à l'ignorance beaucoup plus qu'à la négligence et au mauvais vouloir. C'est à cette ignorance qu'il faut s'attaquer, par l'enseignement primaire et un enseignement professionnel bien compris.

Rapport de M. LINDET sur **le service scientifique du syndicat de la boulangerie de Paris.**

Le syndicat de la boulangerie de Paris a créé en 1892 un laboratoire où il fait analyser gratuitement les farines, fleurages, levures, etc., que lui soumettent ses adhérents. Ce laboratoire, qui peut être considéré comme un modèle pour ce genre de recherches limitées et précises, rend de très grands services; il a reçu, en 1903, un total de 1693 échantillons à analyser.

Rapport de M. PRILLIEUX, sur l'ouvrage de MM. COLLIN et PERROT, intitulé : **Les résidus industriels de la fabrication des huiles et essences** utilisés par l'agriculture comme aliments et comme engrais.

Cet ouvrage constitue un livre d'une grande valeur au point de vue technique, et dans lequel on trouve des observations originales et d'un grand intérêt.

L'analyse des tourteaux est la partie la plus importante; les procédés chimiques ne donnent pas, dans ce cas, complète satisfaction, l'emploi du microscope permet de pousser bien plus loin les recherches, et d'obtenir des résultats bien plus précis et plus complets.

Rapport de M. Édouard BOURDON sur un travail présenté par M. FROMHOLT, et relatif au **sciage des roches par le fil hélicoïdal.**

L'idée du fil hélicoïdal pour le sciage des pierres est déjà ancienne; elle a été reprise avec un certain succès en 1880. M. Fromholt y a introduit d'intéressants perfectionnements, que l'expérience lui a suggérés. On arrive actuellement à scier des pierres très dures, telles que gra-

nit et porphyre, à raison de 3 cm à l'heure le fil marchant à 7 m de vitesse par seconde. Pour qu'il ne s'use pas trop vite, on lui donne une longueur de 150 à 200 m.

Notice nécrologique sur **M. Edmond Buxtorf**, Ingénieur contructeur, à Troyes, par M. Ed. Simon.

Notes de mécanique. — Nous citerons, parmi ces notes : un travail sur les moteurs à vent et leur importance au point de vue économique, d'après M. W. Gentch, et une note sur les turbines a vapeur à bord des navires, d'après M. Rateau.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

4e trimestre de 1903.

Paroles prononcées aux funérailles de **M. Menche de Loisne**, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Gruson, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, le 17 novembre 1903, à Hazebrouck.

Travaux de construction du bassin de la Pinède, à Marseille, par M. Batard-Razelière, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Malgré ses cinq bassins (non compris le Port-Vieux), d'une superficie totale de 2 317 000 m², dont 1 500 000 de surface d'eau, avec 12200 m de quais, le port de Marseille se trouve à l'étroit, et c'est pour remédier à cette insuffisance qu'une loi, du 17 juillet 1893, a autorisé la construction du nouveau bassin de la Pinède, au nord du bassin National.

Ce bassin doit avoir la forme d'un rectangle, de 600 × 500 m. L'exécution des travaux a été divisée en plusieurs entreprises, dont deux surtout importantes, relatives : l'une aux travaux d'enrochement pour les digues de protection, et l'autre aux travaux de fondation des murs de quai et d'approfondissement du bassin.

La seconde porte sur un chiffre de dépenses moindre que la première, mais est la plus intéressante par les procédés qu'elle met en œuvre; elle a été confiée à notre éminent Collègue, M. Conrad Zschokke.

Ces travaux de fondation sont exécutés à l'air comprimé, avec emploi de caissons amovibles, permettant d'obtenir un massif de maçonnerie homogène et continu, sans aucune incorporation de métal. Les appareils employés ont très bien fonctionné, et le travail s'est accompli sans incidents pour la partie abritée, dans une certaine mesure, par la digue extérieure, contre le vent et la houle du large; mais, pour la continuation des travaux dans des conditions moins favorables, on a du introduire de sérieuses modifications dans les méthodes d'exécution, et il a fallu procéder en commençant la fondation des murs près de la rive, et en la continuant par tranches successives ayant toute la hauteur du profil, au lieu, comme précédemment, d'assises superposées de 1,20 m de hauteur, avec emploi de ponts ou échafaudages flottants démontables, pour supporter les caissons à l'intérieur desquels on monte la maçonnerie.

Un point intéressant, dans ces travaux, est la présence d'une usine centrale pour la production de l'air comprimé et de l'électricité, compor tant : trois machines à vapeur, trois compresseurs et trois dynamos, ces dernières fournissent le courant pour l'éclairage des chantiers et des caissons, et la force motrice.

Le montant des travaux de quais s'élève à 5 828 000 f pour 2 510 m courants, ce qui met le mètre à 2 320 f pour les fondations, à quoi il faut ajouter 210 f pour les maçonneries hors de l'eau et les ouvrages accessoires, total 2 430 f. Avec les terre-pleins, pavage, aménagements, etc., etc., on estime que le mètre courant de quai, prêt à être utilisé, reviendra à 8 000 f environ.

Sur **la flexion des poutres rectangulaires**, par M. Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de signaler les résultats d'un travail de M. Filon, du Collège royal de Cambridge, publié dans les Transactions de la Société Royale de Londres, sur la théorie de la flexion des poutres rectangulaires. On sait que le problème de la détermination des efforts et des déformations qui se produisent aux divers points d'une poutre rectangulaire soumise à des forces tendant à la fléchir, n'a été résolu, jusqu'à présent, que d'une manière approximative, grâce à des hypothèses ayant pour but de simplifier la mise en équation de cette difficile question. L'auteur anglais serre la question de beaucoup plus près, en lui conservant toute sa généralité. Nous ne pouvons que renvoyer à la note de M. Flamant ceux de nos collègues que la question intéresserait particulièrement.

Note sur un **tracé géométrique des paraboles cubiques**, et ses applications aux lignes d'influence dans les poutres continues, per M. Farid Boulad, Ingénieur attaché au Bureau des ponts de chemins de fer de l'État égyptien.

Les lignes d'influence, en ce qui concerne les poutres droites à travées continues et à section constante, qu'elles soient des moments fléchissants, des efforts tranchants, des réactions des appuis, ou des flèches, sont des paraboles cubiques, définies par une formule dans laquelle le paramètre disparait, en prenant pour origine des coordonées un des points de la parabole considérée. Le tracé de ces paraboles exige des calculs assez laborieux, mais on peut substituer aux calculs numériques une construction géométrique, qui est applicable au tracé de toutes les paraboles cubiques.

L'auteur donne cette construction, avec l'énoncé de quelques propriétés géométriques de ces paraboles, ainsi que l'application de ces propriétés et du tracé donné aux lignes d'influence dans les poutres continues.

La chaîne avec l'arc, par M. de Krivocheine, professeur à l'École des Ingénieurs de l'Empereur Nicolas. Compte rendu par M. Legay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Il semble que la chaine et l'arc, constituant isolément les systèmes les

plus rationnels pour la construction des ponts, leur association doit présenter de grands avantages pour cet objet. C'est l'idée qui sert de point de départ à l'auteur russe pour un système revenant à celui des ponts suspendus rigides, mais dans lequel la poutre raidissante serait remplacée par un arc. Cette solution présente un inconvénient, par suite des variations de température qui, lorsque celle-ci s'élèvera, amèneront l'abaissement de la chaine et le relèvement de l'arc, détruisant ainsi la liaison des deux pièces.

M. de Krivocheine indique plusieurs solutions, dont quelques-unes fort ingénieuses, pour parer à ces difficultés; nous citerons notamment une disposition pour ponts à trois travées, dont une grande au milieu. d'un aspect très élégant.

Le train automobile du colonel Renard, par M. A. Debauve. Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

On connait le système du train automobile du colonel Renard, fondé sur l'application de deux principes : la propulsion continue et le tournant correct. La propulsion continue est résolue par une transmission mécanique employant des engrenages d'angle et des joints de Cardan.

Nous avons indiqué, dans la chronique de mars dernier, qu'aux États-Unis, on applique couramment, dans un but identique, la transmission électrique, qui semble préférable au point de vue de la meilleure utilisation de la force motrice et de la durée des appareils.

Nous n'insisterions pas sur ce sujet, si M. Debauve n'avait mentionné dans sa note l'application du système sur voie ferrée; cette application permettrait, selon lui, par la multiplication de l'adhérence, de reculer la limite de la crémaillère, et de parcourir sans danger des courbes de petit rayon. Il est intéressant de rappeler que c'est précisément dans les mêmes termes, c'est-à-dire pour remplacer la crémaillère de Blenkinsop, que James proposait, avant 1830, c'est-à-dire il y a soixante-quatorze ans, un système absolument identique pour les chemins de fer, proposition renouvelée en 1857 par Cernuschi, comme nous l'indiquions dans une communication faite à la Société en 1894, voir Bulletin de mai 1894, page 526.

Il est également de toute justice de rappeler que le compensateur en spirale appliqué aux roues du train du colonel Renard a été employé sous la même forme par Larmenjat, dans les locomotives de son système de chemins de fer, voir Bulletin de 1869, pages 431 et suivantes et planche 13.

La navigation intérieure dans l'Amérique du Nord, par M. Tolmer, ancien élève de l'École Polytechnique.

L'auteur retrace les origines de la navigation intérieure aux États-Unis, et ses développements successifs jusqu'à l'époque actuelle, et donne un aperçu des projets d'avenir relatifs à cette question. Il attire l'attention sur ce fait particulièrement intéressant, que l'Amérique du Nord se prête admirablement à la création de voies maritimes, empruntant les cours d'eau et les lacs. La pénétration de la marine dans les terres, souvent peu utile en Europe, à cause de la dissémination des

marchandises, se trouve, aux États-Unis, justifiée tant par les conditions économiques du pays, que facilitée par la nature du sol. Il faut donc s'attendre à voir se créer de plus en plus, à l'intérieur même, de véritables ports, répartis le long des canaux maritimes que l'on établira successivement.

Note sur **l'approximation des formules de flexion des arcs,** par M. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'objet de la note est d'exposer le résultat de quelques essais faits sur des cercles métalliques, pour rechercher si ces résultats confirment ou non l'hypothèse faite à propos des arcs métalliques, que les sections droites restent planes pendant la déformation.

L'auteur conclut de son examen que les écarts observés dépassent ceux qu'on peut tolérer pour des formules pratiques, et qu'il y aurait lieu de procéder à de nouvelles recherches, pour déterminer des formules se rapprochant davantage de la réalité.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mai 1904.

District de Paris.

Réunion du 21 janvier 1904.

Communication de M. P. Arbel, sur **les wagons de grande capacité** en tôle d'acier emboutie.

On peut définir le wagon de grande capacité : celui qui permet de transporter le plus grand poids ou le plus grand volume pour un minimum de poids porteur. A l'origine, le poids mort des véhicules était de 100 0/0 de la marchandise transportée, il est tombé ensuite à 60 0/0. L'emploi de wagons de 40 à 50 t de charge et la construction en tôle emboutie due à feu M. Samson Fox, de Leeds, ont permis de descendre récemment à 25 0/0.

L'auteur examine deux catégories de wagons :

1° Ceux qui servent à l'exploitation générale des chemins de fer et ne présentent aucun changement dans leur utilisation avec le matériel actuel;

2° Ceux qui servent à des utilisations spéciales et qui sont étudiés pour en permettre le déchargement mécaniquement.

La note décrit succinctement les dispositions générales et le mode de construction des wagons de ces deux catégories, et donne un tableau des divers types de wagons de grande capacité déjà construits ou étudiés par la Société des Forges de Douai, et termine par l'exposé des avantages que présentent ces véhicules, tant pour les particuliers que pour les Compagnies de chemins de fer.

Progrès réalisés dans l'emploi des gazogènes et des moteurs à gaz. Communication de M. A. Lencauchez.

L'auteur développe d'intéressantes considérations sur la marche des gazogènes avec divers combustibles et sur des détails des moteurs à gaz, notamment l'allumage dont l'influence sur la production de la puissance est considérable, comme on peut le voir par de remarquables exemples cités dans la communication.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 9 avril 1904.

Communication de M. Félix François, sur **le Klondike et les méthodes de lavage des alluvions aurifères.**

L'auteur décrit les vallées aurifères du Klondike, le régime des mines et les différents modes d'exploitation avec quelques aperçus sur la géologie de la région, puis il étudie plus particulièrement le traitement des gites alluvionnaires par des appareils mécaniques avec lesquels on arrive à laver d'une façon rationnelle et correcte les terres les plus argileuses, en conservant la presque totalité de l'or contenu dans les alluvions.

L'appareil jusqu'ici le plus employé sur les placers était le *sluice box*, sorte de canal fixe garni de place en place d'obstacles pour débourber l'alluvion, briser les pelotes d'argile et retirer l'or. Le nouveau système est une combinaison du sluice box et de butées mobiles par un moyen mécanique. Avec un appareil formé de trois sluice boxes et d'un concentrateur à secousses, on peut obtenir 95 0/0 de la totalité de l'or contenu dans les terres.

Communication de M. Delvaux, sur **l'avenir aurifère de la Guyane française.**

L'auteur regrette d'être obligé de dire que depuis que l'or a été découvert dans la Guyane française, c'est-à-dire depuis cinquante ans environ, les méthodes d'exploitation n'y ont fait aucun progrès et que les conditions de transport et d'exploitation sont restées absolument primitives. Il est certain que la transformation des méthodes industrielles serait très facile à réaliser et que la Guyane française pourrait prendre en peu de temps le rang auquel elle a droit parmi les pays producteurs d'or.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *30 avril 1904.*

Action de la vapeur surchauffée dans les machines à pistons, par F. Richter.

Utilisation de la chute du Glommens à Kykkslerud, en Norwège, par I. H. Kinbach (*fin*).

Conséquence des nouvelles théories mécaniques sur les sciences naturelles, par A. Sommerfeld.

Recherches sur la pénétration du brouillard par les rayons lumineux provenant de diverses sources et de diverses distances, par A. Rudolph.

Groupe de Breslau. — Installation de boulangerie de la Société coopérative de consommation de Breslau. — Chauffage au coke de König. — Fabrique de sucre de Schöller et Skene.

Groupe du Rhin inférieur. — Turbine à vapeur de Brown-Boveri Parsons.

Revue. — Les forces motrices du Niagara. — Expériences sur une machine à vapeur de 350 ch, construite par la Société Van der Kerchove.

N° 19. — *7 mai 1904.*

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Tracés graphiques pour la construction des turbines à vapeur, par A. Koob.

Nouvelle grue construite par Ludwig Stuckenholz à Watter sur Ruhr, par A. Müller.

Action de la vapeur surchauffée dans les machines à pistons, par F. Richter *(suite)*.

Groupe de Berlin. — Nouveautés dans la technique de l'éclairage. — Dispositif pour l'allumage à distance des réverbères.

Revue. — Machine pour tourner les têtes coniques des boulons. — Appareil pour faire des reproductions à la lumière électrique. — Ouverture du nouveau pont de chemin de fer à Mayence.

N° 20. — *14 mai 1904.*

Ordre du jour et programme de fête de la 45e réunion générale de l'Association des Ingénieurs allemands, à Francfort et à Darmstadt, en 1904.

La turbine à vapeur de Zoelly, par S. Weishäupl.

La chaleur spécifique de la vapeur surchauffée, par H. Lorenz.

Droit, commerce et technique, par H. Beck.

Action de la vapeur surchauffée dans les machines à piston, par F. Richter *(fin)*.

Groupe de Poméranie. — Recherche de la place d'un défaut dans une canalisation électrique.

Réunion générale et 29e anniversaire de la fondation de l'Association des Métallurgistes allemands à Düsseldorf, les 23 et 24 avril 1904. — Procédés divers pour la production de l'acier sur sole.

Revue. — Installation de gaz aérogène à Rhinow. — Profils des bandages pour le matériel de chemin de fer.

N° 21. — *21 mai 1904.*

Le Chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Tracés graphiques pour la construction des turbines à vapeur, par A. Koob *(fin)*.

Droit, commerce et technique, par M. Beck *(fin)*.

Groupe de Dresde. — Les nouveaux développements du chantier de construction d'Ubigau.

Réunion générale des Métallurgistes allemands à Düsseldorf. — Le jubilé de l'industrie sidérurgique allemande.

Revue. — Utilisation de la vapeur d'échappement des machines d'extraction et autres machines à vapeur à fonctionnement intermittent. — Musée des œuvres de maitrise relatifs aux sciences naturelles et techniques.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Formulaire des Centraux (1), par J. B.

L'intéressant aide-mémoire qui porte ce nom, présente, sous une forme excessivement condensée, toutes les matières concernant l'art de l'Ingénieur, et, comme l'indique son titre, enseignées dans les excellents cours de l'École Centrale.

La forme adoptée est celle du dictionnaire alphabétique, forme éminemment commode et qui devrait toujours être celle de ces ouvrages spéciaux. Malgré son petit format de poche, grâce à des caractères assez fins et à la suppression de tout texte inutile, se bornant aux formules et aux conclusions, l'auteur resté anonyme a pu condenser, sous un très petit volume, toutes les choses fondamentales à consulter en cas de confection ou de vérification d'un projet quelconque de travaux publics, de mécanique, de physique ou chimie industrielles et d'électricité. Un grand nombre de tables pratiques accompagnent le texte et donnent des résultats tout prêts.

Une page blanche est insérée au verso de chaque feuillet, permettant, sur le chantier, d'effectuer quelques calculs ou de prendre des notes.

En résumé, le Formulaire des Centraux est très intelligemment conçu et très pratiquement exécuté ; les anciens élèves de l'École Centrale y retrouveront rapidement la quintessence des cours qu'ils ont suivis et tous les Ingénieurs auront sous la main un memento résumé des plus maniables et des plus commodes.

A. M.

IIe SECTION

Étude sur l'emploi de l'air comprimé à haute tension comme moyen de transport mécanique souterrain, par MM. Sobier et Massart (2).

Les difficultés de fonçage à travers les morts-terrains du bassin houiller du Couchant de Mons, ont conduit les charbonnages du Nord du Flénu, à Ghlin, à étendre leur travaux de l'est ou l'ouest, sur une longueur de 5 km, autour d'un même siège d'extraction.

Pour opérer ses transports sur un semblable parcours, la Compagnie a étudié les divers modes et systèmes de traction appliqués tant en

(1) In-16, 150 × 110 de 314 pages et 250 pages de figures et pages blanches pour notes particulières. Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : relié, 6 f.

(2) In-8°, 240 × 160 de 100 p., avec 2 pl. Bruxelles, J. Goemaere, Paris, Vve Ch. Dunod, 1904. Prix : broché, 3 francs.

France qu'à l'étranger, et c'est leur rapport de mission que MM. Sohier. directeur-gérant, et Massart, directeur technique de la Compagnie. viennent de faire paraitre.

Ils ont conclu, après leur étude, à l'adoption de l'air comprimé à haute tension pour la traction mécanique qu'ils se proposaient d'installer.

Le lecteur trouvera dans cette publication la description des installations des Charbonnages de Ghlin. La brochure est illustrée de nombreuses gravures, qui permettent au lecteur de se faire une opinion sur le choix des appareils et procédés à employer pour résoudre des problèmes du même ordre.

Les auteurs passent en revue les emplois et applications de l'air comprimé à la Compagnie Générale des Omnibus, et aux Mines de Graissessac. puis ils comparent les dépenses de premier établissement et les prix de revient des transports avec la traction animale ou au moyen de la traction mécanique.

Ces considérations sont accompagnées des calculs des éléments d'une installation d'air comprimé à haute pression,

La deuxième partie de ce travail est la publication de notes de voyage prises au cours de leur mission par les auteurs, et vise les exploitations de Decazeville, de Campagnac, de Carmaux et de Gardanne, ainsi que divers transports de force ou tractions mécaniques installés dans le bassin de la Sarre.

On le voit, la publication de MM. Sohier et Massart est une œuvre intéressante, puisqu'elle met le lecteur au courant des etudes auxquelles on s'est livré dans les principaux charbonnages francais et étrangers. en vue d'effectuer des transports à grande distance et d'arriver de la sorte à des extractions intensives.

H. C.

IIIe SECTION

Causes d'explosion des valves en fonte des conduites de vapeur, par M. S. Périssé.

Notre collègue, M. Sylvain Périssé, a donné, sous ce titre, dans un des derniers numéros du *Génie Civil*, un article fort intéressant dont on nous saura gré d'indiquer les passages principaux et les conclusions.

Les ruptures ou explosions de valves en fonte sont le plus généralement attribuées aux chocs produits par l'eau de condensation accumulée. L'expérience a en effet montré que, la vapeur arrivant sous pression dans un tube contenant de l'eau froide, ou l'eau froide arrivant dans un réservoir contenant de la vapeur, il se produit des chocs et des coups d'eau de nature à déterminer l'explosion ou la rupture des conduites ou clapets d'arrêt.

Mais il est aussi d'autres causes pouvant amener ces explosions, et ces ruptures, comme on a pu s'en rendre compte par l'examen d'observations ou d'accidents analysés avec attention.

Elles consistent surtout dans la détente considérable que subit un mélange d'eau et de vapeur passant brusquement d'une pression de 11 à 12 kilogr. à la pression atmosphérique; de là, des pressions anormales, des chocs et des effets dynamiques produisant parfois les ruptures d'appareil.

Pour les éviter, M. Périssé préconise l'emploi d'un petit tuyau dit *by-pass* qui fait communiquer ensemble les espaces séparés par les valves, et qui porte un robinet à vis à ouverture progressive, de sorte qu'on peut établir doucement, à peu près l'égalité de pression sur les deux faces des valves, avant de toucher au volant de manœuvre.

Les turbo-moteurs et les machines rotatives (1), par M. de Graffigny.

Ce livre n'a guère que son titre de commun avec l'ouvrage classique de M. Rateau; il traite, mais à un point de vue sommaire et purement descriptif, des mêmes objets, et se termine par une liste inédite d'environ cinq cents brevets, pris, de 1900 à 1904, pour différentes machines rotatives, dont une dizaine à peine ont été réalisées, et l'on peut être certain que cela n'en découragera pas les inventeurs.

G. R.

Presses modernes typographiques (2), par M. A. Ducrot.

L'ouvrage de M. Ducrot vient très heureusement combler une lacune dans la littérature si rare des machines à imprimer. D'un style très clair, accompagné de nombreuses figures, il met rapidement son lecteur au courant de l'état actuel de cette question, ignorée de bien des mécaniciens.

Les machines à imprimer ont, en effet, pris, dans ces dernières années, un développement extraordinaire, dont on se doute bien par la production rapide et surabondante des journaux, mais qui n'est guère suivi que par les spécialistes. Ce développement s'est fait dans deux directions : dans celle de la perfection et de la variété des tirages, comme pour les machines en couleurs, et dans le sens de la rapidité de la production. C'est ainsi que certaines rotatives de Hoe arrivent à débiter, par heure, jusqu'à 48 000 exemplaires de journaux grand format de 12 pages, déversant ainsi sur les multitudes de véritables avalanches d'impressions, qu'on leur pardonne, car elles ne savent ce qu'elles font.

M. Ducrot décrit les différents types de presses : en blanc, rotatives, en couleurs, à pédales, plutôt dans leur ensemble que dans leur détail, de manière à en faire ressortir nettement les principes et les avantages divers. L'exécution typographique de cet ouvrage est, comme il convient, irréprochable.

G. R.

(1) In-8°, 255×165, de 286 p. avec 128 fig., Paris, E. Bernard, 1901. Prix : broché, 10 francs.

(2) In-4°, 280×225 de 162 p. avec 141 fig., Paris, Gauthier-Villars, 1904. Prix : broché, 17 fr. 50 c.

Procédés mécaniques spéciaux et tours de main, par R. Grimshaw, traduit de l'anglais par A. N. Lattuga (1).

L'industrie métallurgique des États-Unis non embarrassée de traditions ou de routines, a su récemment se faire une place que d'aucuns trouvent inquiétante pour nous. Malgré l'élévation des salaires, les constructeurs américains peuvent livrer leur production, en Europe, à meilleur compte que nos industriels.

Il n'était pas inutile de faire connaître au public européen les procédés spéciaux, les tours de main, employés en Amérique.

L'auteur de l'ouvrage qui nous occupe a recherché principalement comment les industriels des États-Unis avaient réussi à obtenir les résultats suivants :

1° Précision dans la production ; 2° fabrication en grande série à bas prix ; 3° interchangeabilité des pièces composant les machines ; 4° adaptabilité du produit à l'emploi par des ouvriers ordinaires sans éducation spéciale préalable ; 5° réalisation sur des machines destinées à un certain travail, d'un autre travail tout différent.

Il y a certainement dans les procédés américains à prendre et à laisser ; mais nous sommes persuadés que l'ingéniosité et la précision de l'ouvrier français, combinées avec certaines méthodes « transatlantiques » devront produire des résultats très sérieux, surtout au point de vue de la réduction du prix de revient. Cette question est trop importante actuellement pour être négligée, si les constructeurs d'automobiles en France veulent garder pendant longtemps encore, la première place sur tous les marchés.

La lecture du livre de M. Grimshaw doit être recommandée à tous les constructeurs mécaniciens. Ce livre devrait, en tout cas, être entre mains de tous les contremaîtres d'ateliers de mécanique : c'est un livre d'atelier par excellence.

H. Laurain.

IVe SECTION

Cours d'exploitation des mines (2), par M. A. Habets.

Nous avons déjà rendu compte de la première partie du *Cours d'exploitation des mines*, de M. A. Habets (3) ; le second volume, qui vient de paraître, complète cet important traité de l'Art des Mines.

Il renferme les sections III à VIII.

La section III est consacrée aux *Travaux de recherche et d'exploitation proprement dits*. Les divers procédés de sondage, sans omettre ceux qui ont vu le jour dans ces dernières années, sont tout d'abord passés en revue, puis l'auteur expose, avec sa compétence habituelle, les méthodes

(1) Un volume in-8 (225 × 140) de 394 pages avec 222 figures. Prix broché : 10 fr. Paris Gauthier-Villars, 1903.

(2) In-8°, 250 × 165 de VIII-643 p., avec fig. 446 à 825. Paris, H. Le Soudier, 1904. Prix : relié, 22 fr. 50 c. Les deux volumes ensemble, 45 francs.

(3) Voir, pour l'analyse de la première partie, Bulletin, décembre 1902.

d'exploitation, en les accompagnant d'exemples bien choisis, pris parmi les principaux gisements dans lesquels les méthodes décrites sont appliquées.

La section IV, réservée à l'*Administration*, présente une étude des principes de bonne administration dont tout exploitant soucieux de ses intérêts ne doit pas se départir. Dans ce chapitre se révèlent les hautes qualités administratives de l'auteur.

La section V, *Aérage*, *Éclairage*, *Sauvetage*, est un traité complet de ces importantes questions, contenant l'exposé des théories les plus récentes, relatives à l'aérage et la description des appareils les plus perfectionnés et les plus nouveaux.

L'*Épuisement* est traité dans la section VI; l'origine des eaux souterraines, l'assèchement par galeries, l'exhaure par puits, les pompeuses modernes à transmission hydraulique ou à commande électrique, les calculs relatifs aux épuisements, enfin, y sont l'objet de pages qui seront consultées avec fruit, à la fois par les Ingénieurs de Mines et les constructeurs de matériel d'exhaure.

La VIIe section est consacrée à la *translation des ouvriers* dans les puits, enfin la *manutention des produits* fait l'objet de la section VIII. Le culbutage et les chargements sur wagons et bateaux sont exposés en tête de cette section, puis l'auteur développe les principes et décrit les appareils de la préparation mécanique; il termine son ouvrage par la fabrication des agglomérés.

Le lecteur, qui peut apprécier maintenant l'œuvre de M. Habets dans son ensemble, se rend compte du grand service que l'auteur a rendu à l'industrie des mines, en réunissant dans un traité complet les leçons qu'il professe, avec tant de distinction et d'autorité, à l'Université de Liège (École spéciale des Arts et Manufactures et des Mines), et en permettant à chacun de bénéficier des fruits de son expérience minière. Son Cours d'exploitation des mines est une œuvre claire, méthodique et, par dessus tout, essentiellement pratique; ce sont ces qualités qui lui donnent son prix et le rendent inestimable pour tous ceux qui, à des titres divers, s'intéressent à l'industrie minière.

H. C.

Ve SECTION

Dictionnaire de photographie à l'usage des professionnels et des amateurs, par G. et A. Braun fils (1). Deuxième fascicule : *Argent-Camphre;* troisième fascicule : *Caoutchouc-Collodion;* quatrième fascicule : *Collodion-Émulsion.*

Nous signalerons particulièrement, dans le deuxième fascicule, les articles sur les divers sels d'argent, les nombreuses formules indiquées pour le traitement du papier à l'aristotype, l'article concernant le bitume de Judée, etc.

(1) In-8°, 260 × 180. Paris, Gauthier-Villars, 1904. Prix : broché, 2 f le fascicule.

Dans le troisième fascicule on trouve des renseignements complets sur le papier à la celloïdine, sur les bichromates etc. ; mais la place prépondérante appartient au procédé au charbon. Le lecteur trouvera réunies, dans cet article, les indications les plus détaillées et les plus précises pour la mise à exécution de la méthode. L'étude des procédés au collodion occupe également une place importante.

Enfin, dans le quatrième fascicule, il faut signaler les procédés au ferro-prussiate, au cyano-fer, etc. (au mot cyanotypie), et tout spécialement l'étude considérable consacrée aux émulsions de toutes sortes.

Ed. Fouché.

Les Industries chimiques et pharmaceutiques (1), par Albin Haller, membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, rapporteur du jury de la classe 87, à l'Exposition universelle de 1900.

Le savant professeur de chimie organique à la Sorbonne a publié son rapport officiel sur la classe des Industries chimiques et pharmaceutiques à l'Exposition universelle de 1900, en donnant à son travail un caractère spécial éminemment pratique. Au lieu de suivre l'habituelle description des objets exposés, l'éminent rapporteur décrit les progrès accomplis dans chacune des industries étudiées dans les divers pays du monde, tant au point de vue scientifique qu'au point de vue économique.

L'ouvrage débute par une introduction de quatre-vingt-neuf pages consacrée entièrement aux questions économiques dans lesquelles l'auteur étudie les causes diverses qui ont favorisé le développement des industries chimiques en Allemagne, en Angleterre, aux États-Unis, etc. Cette introduction peut compter à elle seule pour un livre des plus intéressant.

Le premier volume est consacré entièrement à la grande et à la petite industrie chimique.

Dans une vingtaine de pages, l'auteur donne un exposé du développement économique de l'industrie française et de l'importance des productions respectives, suivies de tableaux des transactions commerciales, exportations et importations des principaux produits chimiques : acides sulfurique et azotique, chlore, soude, engrais minéraux, superphosphates, ammoniaque et sels ammoniacaux, nitrate de soude, etc. Puis viennent, la description détaillée et le lieu de résidence de chacune des maisons exposantes. Le même système est suivi dans les chapitres relatifs aux pays étrangers : Allemagne, Autriche, Belgique, États-Unis, Grande-Bretagne, Grèce, Hongrie, Italie, Japon, Pays-Bas, Roumanie, Russie et Suède. Ces renseignements sont extrêmement précieux.

Les pages 117 à 296 sont consacrées à l'exposé des progrès scientifi-

(1) Deux volumes in-8° 295 × 195 de LXXXIX-405 et de 445 pages avec 108 figures. Paris, Gauthier-Villars, 1903. Prix broché : 20 f.

ques et industriels réalisés dans la grande industrie chimique pour la fabrication de ses principaux produits.

Les produits de la petite industrie chimique et les produits pharmaceutiques sont traités dans une centaine de pages, en suivant le même programme.

Le second volume est consacré à la chimie organique. L'auteur y passe en revue les matières colorantes artificielles et les matières premières servant à leur fabrication, les bois de teinture, les produits de la distillation du bois, des résineux, de la houille et des huiles minérales, les parfums naturels et artificiels, les vernis et couleurs minérales, la savonnerie, les stéarines, les huiles, les cires, les colles et gélatines, les matières plastiques, la soie artificielle et les produits coloniaux.

Pour chacun de ces produits, l'auteur expose les progrès scientifiques et économiques et donne les statistiques relatives au commerce de ces produits en France et dans divers pays étrangers.

Dans ses descriptions scientifiques comme dans ses exposés économiques, M. Haller s'est borné aux parties saillantes en évitant les longueurs qu'auraient occasionnées les détails secondaires. Son style est remarquable de clarté et de précision, de sorte que cet important ouvrage sera consulté avec fruit, aussi bien par les professionnels que par les gens appartenant au monde des affaires.

Les industriels et les chimistes sauront particulièrement gré au savant professeur d'avoir entrepris et mené à bonne fin une œuvre aussi considérable, une véritable encyclopédie de chimie appliquée, présentée sous la forme modeste d'un rapport d'exposition.

Quant à l'exécution matérielle particulièrement soignée, elle est en rapport avec la haute valeur de cet ouvrage magistral.

Ch. Gallois.

VIe SECTION

Distribution par courants alternatifs, par W. E. Goldsborough, traduit de l'anglais par Henry de Vorges, Ingénieur des Arts et Manufactures (1).

Si on cherche à se rendre compte des phénomènes complexes qui se produisent dans les machines et les canalisations d'un réseau à courant alternatif, on ne trouve que deux sortes d'ouvrages à consulter à ce sujet. Les uns ne donnent qu'un aperçu rapide et incomplet de la question, et manquent totalement de renseignements précis; les autres entrent dans des développements mathématiques tels, que la lecture de pareils ouvrages ne peut être profitable qu'à des mathématiciens exercés.

Le professeur Goldsborough s'est placé, au contraire, à un point de vue essentiellement pratique, tout en restant dans la précision; il a voulu,

(1) Un volume 250×160, 244 p., 171 fig. et pl. Emmanuel Rivière, 2, rue Haute, à Blois.

en traitant son sujet d'une façon scientifique, le rendre compréhensible et profitable au plus grand nombre.

La définition des quantités est établie avec une rare clarté, et il a pris soin d'habituer peu à peu le lecteur au maniement de ces quantités, en commençant par les cas les plus simples. Dans le cours de ces démonstrations, il n'a eu recours au calcul intégral que le moins possible, et il a eu soin de compléter chaque étude analytique par une étude géométrique de la même question, grâce à la méthode si simple des vecteurs. Enfin, point très important à signaler ici, il a fait suivre chaque question traitée d'un exemple numérique pris dans un cas rencontré dans la pratique.

Il faut insister sur ce dernier point, car le lecteur français est peu habitué à trouver, à côté de la solution théorique, un exemple numérique traité au complet, qui le fait passer, sans transition, du domaine de l'abstraction à celui de la pratique courante. C'est une pratique qui est entrée dans les habitudes courantes des auteurs anglais, et il faut espérer que nos savants français entreront peu à peu dans cette voie, au grand profit des praticiens.

Dans *Electrical Units of Measurements*, Lord Kelwin donne à cette manière de voir l'approbation de sa compétence indiscutée, quand il écrit : « Il m'arrive souvent de dire que l'on voit déjà quelque chose d'un phénomène, si on peut le mesurer et l'exprimer en nombres, tandis que l'on ne possède, sans cela, qu'une légère et très incomplète notion, à peine une conception scientifique du sujet, quel qu'il soit. »

L'auteur de la traduction a pris, dans chaque cas, le plus grand soin à bien préciser dans notre langue la pensée du professeur Goldsborough, et il a estimé, avec juste raison, que la publication qui avait eu les honneurs de l'importante revue américaine *Electrical Review*, pouvait présenter beaucoup d'intérêt pour les Ingénieurs français.

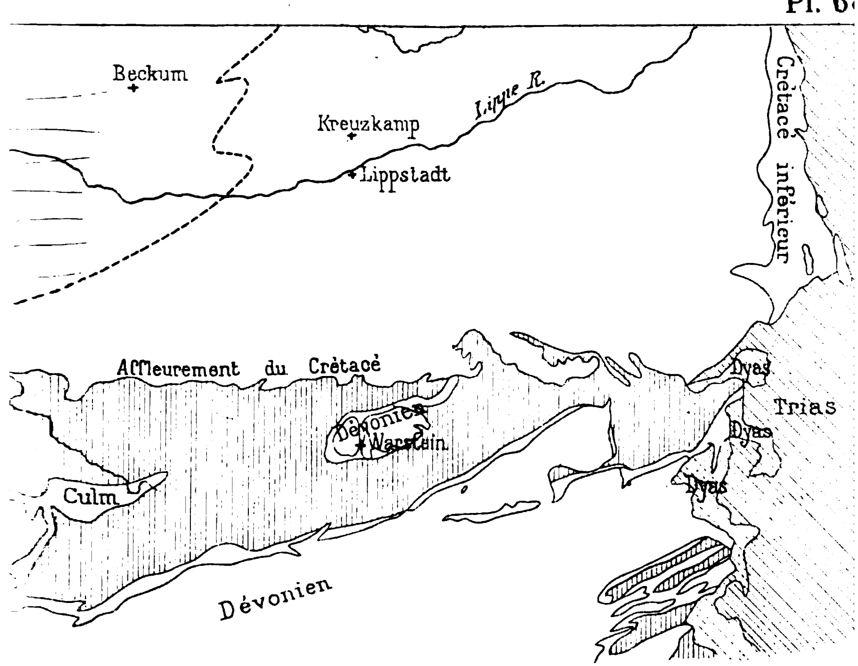
En raison des développements que prennent, depuis quelque temps, à la Société des Ingénieurs Civils de France, les études des questions d'électricité, il nous a paru que le travail de M. de Vorges pouvait rendre à ses membres de grands services, et c'est pour ce motif que nous avons insisté tout particulièrement sur le côté pratique de l'ouvrage du professeur Goldsborough.

H. Laurain.

Le Secrétaire Administratif, Gérant,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 12152-6-04. — (Encre Lorilleux).



Échelle 1/750.000

LÉGENDE

Sondages récemment exécutés pour la reconnaissance du terrain houiller numérotés 1 à 63 sur le territoire belge

Affleurements du terrain houiller productif

Affleurements du terrain houiller stérile

Limite du terrain houiller productif sous les morts terrains

Affleurements du Calcaire Carbonifère

Limite du Calcaire Carbonifère sous les morts terrains

Courbes de niveau du sous-sol primaire rapportées au niveau de la mer

Limites des zones Statigraphiques et Paléontologiques du terrain houiller à la surface du sous-sol primaire

Affleurement de la grande Stampe stérile à cette surface

Limite du recouvrement des rochers rouges Permo-Triasiques

Limite du Crétacé sous les Terrains tertiaires

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1904

N° 6

OUVRAGES REÇUS

Pendant le mois de juin 1904, la Société a reçu les ouvrages suivants :

Arts militaires.

DARDART (É.) et le CAPITAINE X. — *Sciences et Arts militaires. Organisation militaire. Tactique. Artillerie. Transports à la suite des armees. Droit militaire*, par Émile Dardart et le Capitaine X (Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics) (in-16, 185 × 120 de VIII-669 p. avec 401 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43351

Astronomie et Météorologie.

EIFFEL (G.). — *Étude comparée des stations météorologiques de Beaulieu-sur-Mer (Alpes-Maritimes), Sèvres (Seine-et-Oise), Vacquey (Gironde), pour l'année 1902*, par G. Eiffel (in-4°, 310 × 245 de 132 p. avec 13 pl. et un diagramme). Paris, L. Maretheux, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43320

Publications of the Earthquake Investigations Committee in foreign Languages. N° 16. Tôkyô, 1904 (in-8°, 260 × 180 de 117 p. avec 6 fig.). Tôkyô, 1904. 43321

Chemins de fer et Tramways.

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1904. Documents divers. Deuxième partie. Intérêt local et Tramways. France et Algérie (in-4°, 305 × 235 de 411 p.) (Ministère des Travaux publics. Direction des Chemins de fer). Melun, Imprimerie administrative, 1904. 43319

Chimie.

Braun (G. et Ad. fils). — *Dictionnaire de chimie photographique, à l'usage des professionnels et des amateurs*, par G. et Ad. Braun fils. *Cinquième fascicule : Émulsion — Gommes* (Bibliothèque photographique) (in-8°, 255 × 165, p. 257 à 320). Paris, Gauthier-Villars, 1904 (Don de l'éditeur). 43325

Ostwald (Dr W.) et Lazard (L.). — *Éléments de chimie inorganique. Première partie. Métalloïdes*, par le Professeur Dr W. Ostwald. Traduit de l'allemand, par L. Lazard (in-8°, 255 × 165 de IX-542 p. avec 106 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904 (Don de l'éditeur). 43344

Construction des Machines.

Association alsacienne des Propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1903. Trente-sixième année (in-8°, 280 × 195 de 59 p.). Nancy, Berger-Levrault et Cie, 1904. 43318

Ducrot (A.). — *Presses modernes typographiques*, par A. Ducrot (in-4°, 280 × 225, de 162 p. avec 141 fig.). Paris, Gauthier-Villars, 1904 (Don de l'éditeur). 43343

Mortimer-Mégret (Cie). — *Manuel pour les automobiles de Dion-Bouton. Description, conduite, réglage, entretien, démontage et remontage de tous les types*, par le Cie Mortimer-Mégret (in-16, 155 × 115 de 208 p. avec 32 fig.). En vente chez l'auteur, au château d'Épluches, par Pontoise (Seine-et-Oise), 1904 (Don de l'auteur). 43332

Économie politique et sociale.

Hanrez (P.). — *Sénat de Belgique. Le budget extraordinaire et la situation financière.* Discours de M. Prosper Hanrez. Séance du 9 mai 1904. d'après les Annales parlementaires. Réponse au Ministre des Finances. Discours prononcé à l'assemblée des libéraux de l'arrondissement de Bruxelles le 13 mai 1904 (in-8°, 215 × 140 de 51 p.). Bruxelles, F. Vanbuggenhoudt, 1904 (Don de l'auteur. M. de la S.). 43323

SIEGFRIED (J.), STRAUSS (P.), RENDU (A.), CHEYSSON (E.), NAVILLE (E.), CACHEUX (E.). — *Société anonyme des habitations économiques du département de la Seine (en formation). Les habitations économiques à Paris et dans le département de la Seine. Discours prononcés au Musée social le 12 mars 1902*, par MM. J. Siegfried, P. Strauss, A. Rendu, E. Cheysson, E. Naville, E. Cacheux (in-8° 240 × 155 de 23 p.). Paris, Chaix, 1903 (Don de M. E. Cacheux, M. de la S.). 43322

Électricité.

CHEVRIER (G.). — *Étude sur les résonances dans les réseaux de distribution par courants alternatifs*, par G. Chevrier (in-8°, 230 × 140, de 76 p. avec 9 fig.). Paris, l'Éclairage électrique, 1904 (Don de l'éditeur). 43326

MAUDUIT (A.) et BLONDEL (A.). — *Électrotechnique appliquée. Cours professé à l'Institut électrotechnique de Nancy*, par A. Mauduit, avec une préface de A. Blondel (in-8°, 250 × 165 de XVI-844 p. avec 557 fig.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43320

Législation.

PIETRA SANTA (J. DE). — *L'aide-mémoire de l'automobile. Réglementation. Législation. Jurisprudence. Conseils pratiques. Renseignements utiles*, par J. de Pietra Santa (in-12, 185 × 120 de 110 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1904 (Don de l'éditeur). 43342

The Institution of Mechanical Engineers. List of Members. 16th March 1904. Articles and by-laws (in-8°, 215 × 140 de 232 p.). 43325

Métallurgie et Mines.

Die Verhandlungen und Untersuchungen der Preussischen Stein- und Kohlenfall- Commission. Hefts 1, 2, 3, 4, 5 (Sonderheft der Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im Preussischen Staate) (5 brochures in-4°, 280 × 225). Berlin, Wilhelm Ernst und Sohn, 1901, 1902. 43313 à 43317

Le bronze « Beuret » antifriction (Essais du Laboratoire officiel de l'État) (in-8°, 240 × 155 de 29 p. avec 1 pl.). Paris, Chalanqui-Beuret (Don de l'éditeur). 43330

OBALSKY (J.). — *Opérations minières dans la province de Québec pour l'année 1903*, par J. Obalski (Département des terres, mines et pêcheries) (in-8°, 245 × 170 de 87 p.). 43349

Zeitschrift für das Berg- Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate. Herausgegeben im Ministerium für Handel und Gewerbe. Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1853-1902 (Band 1-50) (in-4°, 280 × 225 de 259 p. à 2 col.). Berlin, Wilhelm Ernst und Sohn, 1903. 43312

Navigation aérienne, intérieure et maritime.

Atlas des voies navigables de la France, dressé d'après les documents fournis par les Ingénieurs des Ponts et Chaussées. 2e série. 6e fascicule. Navigation de la Seine en amont de Paris et de l'Yonne entre Auxerre et Montereau (Ministère des Travaux publics. École nationale des Ponts et Chaussées. Service des cartes et plans) (in-4°, 340 × 265 de 22 p. avec 34 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1903 (Don du Ministère des Travaux publics). 43333

Memoria que manifiesta el estado y progreso de las Obras de mejora de la ria y puerto de Bilbao y cuenta de ingresos y gastos durante el año de 1903 (Junta de Obras del puerto de Bilbao) (in-4°, 260 × 200 de 95 p. avec 1 pl.). Bilbao, Ezequiel Rodriguez, 1904. 43347

Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey showing the progress of the work from July 1, 1902 to June 30, 1903 (in-8°, 285 × 225 de 1 032 p. avec 3 cartes). Washington, Government Printing Office, 1903. 43331

Physique.

Escard (J.) et Nansouty (M. de). — *Le radium et ses propriétés. Les phénomènes radioactifs*, par J. Escard. Préface de M. Max de Nansouty (Bibliothèque des Actualités industrielles. — N° 105) (in-8°, 250 × 165 de 160 p. avec 30 fig.). Paris, Bernard Tignol (Don de l'éditeur). 43348

Routes.

Vallot (H.). — *Manuel de topographie alpine*, par Henri Vallot, avec préface du lieutenant-colonel Prudent (in-16, 180 × 110 de xiv-172 p. avec 45 fig.). Paris, Henri Barrère, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.). 43346

Sciences mathématiques.

Lévy (M.). — *La statique graphique et ses applications aux constructions*, par Maurice Lévy. *Deuxième édition : — Ire partie. Principes et applications de statique graphique pure ; — IIe partie. Flexion plane. Lignes d'influence. Poutres droites : — IIIe partie. Arcs. Ponts suspendus. Corps de révolution ; — IVe partie. Ouvrages en maçonnerie. Systèmes réticulaires à lignes surabondantes. Index alphabétique des quatre parties* (4 vol. in-8°, 255 × 165 et 4 atlas même format). Paris, Gauthier-Villars, 1886, 1887, 1888. 43331 à 43341

Sciences morales. — Divers.

Francfort (B.). — *Guide dans le maquis de l'Affaire Dreyfus*, par Bernard Francfort (in-16, 185 × 120 de ix-416 p.). Paris, Édouard Cornély et Cie, 1904 (Don de l'auteur, M. de la S.) 43324

Technologie générale.

Mémoires publiés par la Société philomathique à l'occasion du centenaire de sa fondation 1788-1888 (in-4°, 280 × 225 de XVII-294 p. avec 24 pl.). Gauthiers-Villars et fils, 1888 (Don de M. P. Mahler, M. de la S.). 43350

RODIER (H.). — *Annuaire technique. Formulaire Aide-Mémoire général des sciences, de l'industrie et des travaux publics.* Rédigé par un Comité d'Ingénieurs, Architectes, Constructeurs, Industriels et Jurisconsultes, sous la direction générale de H. Rodier. *Combustibles (2e édition)* (in-4°, 320 × 230 de 24 p.). Paris, 64, rue de la Victoire (Don de l'auteur). 43345

Travaux publics.

Bétons armés système Hennebique. Relevé des travaux exécutés en système Hennebique pendant l'année 1903 (in-4°, 315 × 220 de 125 p. avec 58 gravures). Paris, 1, rue Danton (Don de M. Hennebique, M. de la S.). 43352

LESLEY (R.-W.). — *The Cement age : The many new uses and increasing demand for plastic materials*, by R.-W. Lesley (Read before the Engineers' Club of Philadelphia, November 21, 1903) (in-8°, 230 × 150 de 8 p.) (Don de The Engineers' Club of Philadelphia). 43329

MEMBRES NOUVELLEMENT ADMIS

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1904, sont :

Comme Membres Sociétaires Titulaires, MM. :

L.-G.	Auscher, présenté par MM.		Couriot, Pontzen, E. Auscher.
W.-J.	Becker,	—	Barre, Chanute, Suplee.
E.-Ch.	Brakenbury,	—	Boeringer, Derval, Desforges.
Ch.	Danchaud.	—	Dumontant, Pot, Chagot.
E.-Ph.-F.	Espinasse,	—	Hug, de Nervo, Prudhomme.
J.-J.	Esquerré,	—	Casalonga, Gaune, A. Imbert.
V.-P.-L.	Gallas,	—	Hug, de Nervo, Prudhomme.
E.-F.-B.	Hédin,	—	Barboux, Javaux, Le Naour.
V.	Kreisler,	—	Dufour, Journolleau, de Monicourt.
A.-Ch.	Lelong,	—	Girodias, Haller, Ladret.
P.	Schwoerer,	—	Aug^te^ Moreau, André, Taupiat-de Saint Simeux.

Comme Membre Sociétaire Assistant, M. :

A. Gay, présenté par MM. Pontzen, Cornuault, J.-J. Pillet.

Comme Membres Associés, MM. :

L.	Lamazière, présenté par MM.		Bletry, Bunzli, Flaman.
A.-E.	Leroy,	—	Moreau, Sincholle, Taupiat-de Saint Simeux.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1904

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 JUIN 1904

Présidence de M. G. Richard, Président de la 3e Section.

La séance est ouverte à 8 h. 3/4.

Le procès-verbal de la précédente séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître le décès de:

M. J. Berthier, Ancien Élève de l'École d'Arts et Métiers d'Angers (1873), Membre de la Société depuis 1891, Ingénieur;

M. G. Duprat, Ancien Élève de l'École Polytechnique de Rio-de-Janeiro (1890), Membre de la Société depuis 1891, Ingénieur;

M. Th. Michaëlis, Membre Honoraire de la Société depuis 1890, Ancien Directeur des Chemins de fer, Ancien Président de l'Institut Royal des Ingénieurs Néerlandais;

M. H. Darras, Membre de la Société depuis 1893, Ingénieur Civil;

M. le Président exprime aux familles de ces Collègues, si cruellement éprouvées par le deuil qui les frappe, les sentiments de douloureuse sympathie des Membres de la Société.

M. le Président est heureux d'annoncer les décorations et nominations suivantes:

Ont été nommés :

Grand Officier du Medjidieh : M. G. Canet, Ancien Président;

Commandeur de l'Ordre de la Couronne d'Italie: M. G. Crugnola;

Commandeur de l'Ordre de l'Osmanieh : M. Adrien Leroux.

M. D. Levat a reçu de son Altesse l'Émir de Boukharie, avec l'agrément du Gouvernement Russe, la plaque de l'Ordre de l'Étoile de Boukharie, avec insignes en or.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président annonce à la Société que le Comité a décidé de supprimer la deuxième séance de juillet qui, en raison de la Fête Nationale, avait primitivement été fixée au 22 juillet. Le Comité a estimé, qu'à cette époque, de nombreux membres de la Société seraient absents et que les communications présentées ce jour-là seraient sacrifiées. Si le nombre des communications l'exige, une séance supplémentaire aura lieu après les vacances.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance; cette liste sera insérée dans le plus prochain Bulletin.

M. le Président rappelle que le délai d'inscription pour le voyage aux États-Unis, qui doit avoir lieu du 20 août au 9 octobre, a pu être prorogé jusqu'au 10 courant. Il engage vivement ceux de ses Collègues qui ont l'intention de prendre part à ce voyage à se faire inscrire sans tarder davantage.

M. le Président annonce que MM. J.-B. et G. Hersent, fils de notre regretté Président, ont fait connaître leur intention de fonder un prix à décerner par la Société des Ingénieurs Civils de France. Les revenus d'un capital de 20 000 francs en assureraient la valeur et seraient distribués tous les dix ans.

Le règlement de ce prix est à l'étude. Il sera sous peu porté à la connaissance des Membres de la Société.

M. le Président ajoute qu'il est certain d'être l'interprète de la Société toute entière en adressant à MM. Hersent de chaleureux remerciements.

M. le Président espère que pareil exemple, malheureusement trop rare chez nous, sera suivi de manière à permettre à la Société des Ingénieurs Civils de France de remplir largement toutes les charges que comporte son objet.

M. A. de Gennes a la parole pour une communication sur la *Traction pneumatique, par locomotive à air comprimé, dans les mines des Etats-Unis.*

Il énumère d'abord d'une façon sommaire les différents systèmes de traction usités dans les mines : à bras d'homme; par les animaux; par câble ou chaine ; par la vapeur; par l'électricité; et enfin la traction par locomotive à air comprimé, ou traction pneumatique. Il examine les différents avantages et inconvénients de ces divers systèmes et les compare entre eux. Il ressort de cette comparaison différents avantages pour la traction pneumatique, qui sont expliqués en détail.

A cette occasion, M. de Gennes fait une comparaison entre le *rendement mécanique* des différents organes employés dans une mine et ce qu'il appelle le *rendement industriel*, qui comprend non seulement ce premier chiffre, mais en outre toutes les modifications que peuvent lui faire subir les circonstances au milieu des autres facteurs de la mine.

M. de Gennes examine ensuite les deux outils principaux qui ont fait récemment de grands progrès et ont permis la large utilisation de la traction pneumatique aux États-Unis : il décrit un compresseur à haute pression (88 kilogr.), puis la locomotive pneumatique dont il montre différentes photographies, et donne quelques exemples de comparaison entre la traction pneumatique d'une part et les tractions animale et électriques d'autre part, provenant de marches courantes dans les mines des États-Unis.

Il termine en exprimant l'opinion que la traction mécanique paraît tout indiquée pour les houillères françaises à grands parcours et à danger de grisou.

M. L. Mékarski ne voit pas en quoi les applications de la traction pneumatique aux États-Unis que M. de Gennes a décrites si brillamment constituent un progrès sur ce qui se fait en France depuis vingt-cinq ans, car, depuis 1879, une locomotive, qui a obtenu une récompense à l'Exposition de 1878, fonctionne à Graissessac dans l'Hérault et donne toute satisfaction (1). Il semble que les locomotives que M. de Gennes a décrites soient inspirées de celle de Graissessac. Par quoi les compresseurs américains sont-ils supérieurs aux compresseurs français, qui, eux aussi, sont à cascade et qui atteignent des pressions de 80 kg, à Billancourt, et 100 kg à la Compagnie de l'Ouest? M. Mékarski conclut même à l'infériorité des compresseurs américains dans lesquels l'injection d'eau est supprimée, ce qui fait perdre une grande partie du bénéfice de l'étagement.

M. Mékarski est complètement d'accord avec M. de Gennes sur la valeur des considérations qui militent en faveur de l'emploi, dans les mines, de la traction pneumatique. Il lui est agréable de voir que les idées auxquelles il a consacré une grande partie de sa vie ont fait leur chemin en Amérique.

Peut-être maintenant feront-elles de même en France.

M. A. de Gennes prie son honorable collègue de vouloir bien remarquer que le titre même de sa communication est une réponse à sa critique. Il n'a pas eu l'idée de présenter l'état de la question dans le monde entier, mais bien seulement ce qui se fait aux États-Unis. Il a eu personnellement l'occasion, en 1879, de voir et d'admirer la locomotive Mékarski aux mines de Graissessac.

D'autre part, il sait que la question est très à l'étude en Belgique, mais il a bien entendu se limiter à l'état actuel de la question aux *États-Unis seulement*. Quant à comparer les divers pays sur ce sujet, il pense que, dans une réunion d'Ingénieurs, chacun est à même de se former une opinion. En ce qui concerne la supériorité que M. Mékarski accorde aux compresseurs à injection, elle ne semble pas, jusqu'à présent, être reconnue aux États-Unis, ni en Allemagne, où on préfère au contraire les compresseurs à sec.

M. le Président remercie M. de Gennes de sa communication si claire et si documentée.

(1) Un rapport récent de deux ingénieurs belges, qui ont étudié cette installation, témoigne de son bon fonctionnement.

Il le félicite d'avoir si justement attiré l'attention sur la différence qu'il faut faire entre le rendement théorique et le rendement industriel, souvent ignoré, et qui, pourtant, détermine finalement le succès ou l'insuccès des entreprises.

Aux observations très intéressantes que M. Mékarski a présentées, M. le Président en ajoute une autre : c'est à M. Mékarski qu'est due, en grande partie, la perfection des appareils français.

M. G. Hart a la parole pour sa communication sur les *Turbines à vapeur.*

M. G. Hart dit que les turbines à vapeur à peine connues il y a quelques années, se répandent de plus en plus dans l'industrie par suite de leurs nombreux avantages. Bien que leur emploi soit encore limité à certains usages, d'ailleurs fort importants, les progrès rapides réalisés dans ces dernières années, surtout au point de vue de la consommation de vapeur aujourd'hui comparable à celle des machines alternatives et même moindre pour les grandes puissances, permettent de penser que, peu à peu, elles se substitueront dans beaucoup de cas aux machines alternatives.

M. G. Hart estime que c'est, en réalité, une véritable évolution du moteur à vapeur, évolution qui n'est pas fortuite, mais, au contraire, résulte de besoins nouveaux, des nombreux avantages que présentent les turbines et aussi des difficultés rencontrées pour améliorer le rendement économique de la machine à vapeur actuelle à pistons.

Les pertes thermiques sont, en effet, très considérables dans cette dernière par suite de la communication alternative du cylindre avec les sources de chaleur et de froid, et elles sont encore exagérées par les ruptures de cycle causées par les imperfections du mode de transmission et de transformation de l'énergie.

M. G. Hart rappelle que les pertes totales atteignent 30 à 48 0/0 de l'énergie qui devrait être recueillie dans une machine parfaite, et qu'à lui seul, l'échappement au condenseur occasionne une perte de 20 à 35 0/0 qu'il est impossible d'éviter sans modifier profondément la construction de la machine et le mode même d'action de la vapeur.

Ce sont ces considérations qui, malgré les améliorations de rendement de la machine alternative résultant de l'emploi de pressions plus élevées, de la détente en cascade, de la vapeur surchauffée, etc., ont poussé certains esprits clairvoyants à chercher la solution dans une autre voie, celle de la machine rotative, qui n'est, en somme, que la première forme sous laquelle on ait essayé d'utiliser l'énergie contenue dans la vapeur d'eau.

On a longtemps tâtonné, mais les turbines à vapeur, sous leur forme actuelle, éminemment susceptible de perfectionnement, paraissent donner la solution cherchée.

Dans ces appareils, fait remarquer M. G. Hart, les pertes thermiques sont réduites au minimum, sinon complètement supprimées, chaque point de la turbine restant à température constante par suite de l'écoulement de la vapeur toujours dans le même sens. Les passages offerts au fluide sont proportionnels à son volume, et, par suite, il n'y a pas de

ruptures de cycle importantes, ruptures si préjudiciables dans la machine alternative.

L'emploi de dispositions ingénieuses, tout en diminuant les résistances passives, leur assure une complète régularité de marche. L'admission de la vapeur y est rapidement proportionnée au travail à effectuer sans créer de brusques variations de vitesse. L'absence de forces d'inertie périodiques vient encore ajouter à cette régularité tout en diminuant, les causes de déréglage et l'usure, et en élevant le rendement organique.

A côté de ces avantages directs de fonctionnement, les turbines à vapeur en présentent d'autres accessoires : réduction de poids et d'encombrement, absence de vibrations, absence de matières grasses dans l'eau de condensation, qui en rendent l'emploi avantageux dans beaucoup de cas.

M. G. Hart évalue à 900000 ch la puissance demandée actuellement aux turbines à vapeur dans l'industrie; cette puissance, est employée pour la plus grande partie à la commande de dynamos, de pompes centrifuges, de ventilateurs, etc., ou à la propulsion de navires.

M. Hart rappelle que les turbines à vapeur peuvent se classer de différentes manières :

1° D'après le mode d'action de la vapeur, en turbines à action, turbines à réaction, et turbines mixtes;

2° D'après le nombre des roues mobiles, en turbines à roue simple et turbines à roues multiples (ou compound);

3° D'après le sens de l'écoulement de vapeur, en turbines radiales (centripètes et centrifuges) et en turbines axiales;

4° D'après l'admission, en turbines à admission totale et turbines à admission partielle.

Théoriquement, les turbines à action peuvent avoir une vitesse de rotation moindre et revendiquer quelques autres avantages, mais, pratiquement, les résultats obtenus avec les turbines à réaction sont tout à fait comparables à ceux donnés par les turbines à action.

Dans les turbines à action à roue simple, la distribution de la vapeur à la roue mobile se fait à l'aide de tuyères de formes géométriques calculées à l'aide de ce qu'on connait des lois de l'écoulement de la vapeur, à la suite des beaux travaux de MM. Parsons, Rateau, Delaporte, Stodola, Mollier, etc. : mais, pour les turbines à roues multiples, dans lesquelles le fluide passe d'une roue mobile sur l'autre par l'intermédiaire de canaux de formes variées, il semble que ces règles doivent subir certaines modifications, du fait de la forme des canaux, et surtout du mouvement rapide dont sont doués les aubages des roues mobiles.

Après ces considérations générales, M. Hart rappelle les tentatives anciennes de Réal et Pichon (1827), Ewbank (1841), Wilson (1848), Tournaire (1853), Girard (1855) et passe à la description, que de très nombreuses projections facilitent, des turbines actuelles utilisées industriellement en commençant par les plus anciennes.

La *turbine Parsons*, datant de 1884, a subi depuis de nombreux perfectionnements.

Le type axial, très répandu, sert à la commande des dynamos, pompes, ventilateurs.

M. Hart signale les dispositions très ingénieuses telles que, presse-étoupes sans frottements métalliques, paliers de réglage, graissage sous pression, etc., qui ont contribué au succès de cette turbine, et cite les installations de Francfort-sur-Mein, Elberfeld, Rheinfelden, Essen, Coire, Puteaux, Milan, etc., qui possèdent des unités de 2 000, 5 000 et même 10 000 ch. L'usine de Saint-Ouen, en construction, aura une puissance de 40 000 ch.

Les turbines Parsons sont appliquées également à la propulsion des navires *Turbinia*, *Cobra*, *Viper*, *Queen-Alexandra*, *King-Edward*, *Queen*, *Brighton*. 65 000 ch seront installés sur chacun des deux navires que la Compagnie Cunard fait construire actuellement.

La *turbine de Laval* (1889) est une turbine à action à roue simple et à grande vitesse; M. Hart signale la disposition ingénieuse de l'arbre flexible qui en permet le centrage automatique parfait aux grandes vitesses, et cite les installations de Belfort, de la Schappe, de Briançon, de Châtillon-Commentry, la Seyne, Fresnes.

La *turbine Rateau*, de 1896, est une turbine à action, à roue simple et à grande vitesse. Les turbines compound actuelles, dites multicellulaires, sont des turbines à action à roues multiples. Elles sont appliquées sur le torpilleur 243 et sur un torpilleur Yarrow.

Une installation très remarquable est celle des mines de Bruay, où une turbine multicellulaire est appliquée à l'utilisation de la vapeur d'échappement des machines d'extraction.

La *turbine Curtis* (1896) est une turbine mixte employée en Amérique.

M. Hart critique la disposition verticale avec dynamos au-dessus, en raison des difficultés de visite et d'entretien. La construction de cette turbine va, paraît-il, commencer en Allemagne et en France.

La *turbine Bréguet* à action à roues multiples du type de Laval, est toute récente et doit être appliquée sur un torpilleur. M. Delaporte, dans une brochure très bien faite, a exposé les raisons qui ont fixé le choix de la maison Bréguet.

Il n'est pas douteux que, après la mise au point inévitable, les résultats n'en soient satisfaisants.

La *turbine Riedler-Stumpf* est aussi toute récente. C'est une turbine à action à roues simples ou multiples de grands diamètres, demandant, par conséquent, un métal très résistant et des soins très spéciaux pour l'équilibrage.

La *turbine Zoelly*, que la Société Escher-Wyss construit, et que MM. Schneider vont construire, est à action et à roues multiples.

Elle est, paraît-il, économique, et les essais de M. le professeur Stodola sembleraient le démontrer.

La *turbine Westinghouse*, construite récemment, est une turbine axiale à double écoulement, avec admission au milieu, pour neutraliser toute poussée axiale. Un essai de turbine réversible a été tenté.

La *turbine Schulz* est une turbine radiale centrifuge à roue simple.

M. Hart signale, qu'en dehors de ces types de turbines ayant reçu une application industrielle plus ou moins étendue, il en existe beau-

coup d'autres encore à l'état de projet, et il ne doute pas que les progrès déjà si rapides apportés à la construction des turbines ne les amènent peu à peu à un degré de perfection susceptible d'en étendre encore l'emploi.

M. le Président pense que l'heure est trop avancée pour entreprendre une discusssion sur un sujet aussi important que les turbines à vapeur.

Il rappelle que la Société des Ingénieurs Civils vient d'avoir, sur ce sujet, trois communications importantes : celles de MM. Rey et Sosnowski et celle de M. Hart, qui, forcément écourtée, par l'heure tardive, n'a pu être qu'un résumé de son très remarquable mémoire.

M. le Président convie les Membres de la Société à compléter cet ensemble de communications, sur un sujet des plus actuel et important, par une discussion approfondie, qui aurait lieu à la rentrée, et pour laquelle il les prie de vouloir bien se faire inscrire, aussi nombreux que possible, au Secrétariat.

Il constate avec regret que la France s'est laissé distancer dans cette évolution de la machine à vapeur, et cela sans raison valable, d'ordre technique du moins, car la question des turbines à vapeur a été étudiée chez nous avec autant de science et d'habileté que dans les autres pays. Il suffit de rappeler les communications faites ici même et les beaux travaux de MM. Rateau et Delaporte, dont on retrouve la trace indiscutable dans nombre de turbines étrangères. Ce retard est d'autant plus regrettable que nos constructeurs ont maintes fois montré, l'industrie des automobiles en témoigne avec éclat, qu'ils peuvent facilement marcher à la tête du progrès, lorsque les capitaux indispensables ne leur sont pas refusés. M. le Président espère que le temps perdu sera bientôt rattrapé. Il remercie vivement M. Hart de sa très intéressante communication, qui fera honneur à notre Bulletin.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. Ch.-E. Brackenbury, Ch. Danchaud, J.-J. Esquerré, Ch.-A. Lelong, comme Membres Sociétaires Titulaires, et de

MM. L. Lamazière et A.-E. Leroy, comme Membres Associés.

MM. L.-G. Auscher, W.-J. Becker, E.-P.-F. Espinasse, P.-L.-V. Gallas, E.-F.-B. Hédin, V. Kreisler, P. Schwoerer, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires et

M. A. Gay, comme Membre Sociétaire Assistant.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires Techniques,

P. Schuhler.

PROCES-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 JUIN 1904

Présidence de M. H. Couriot, Président.

La séance est ouverte à 8 heures 3/4.

Le procès-verbal de la séance du 3 juin est adopté.

M. le Président a le regret de faire connaître à la Société le décès de l'un de nos Collègues:

M. B. Dulau, membre de la Société depuis 1887, Président honoraire du Syndicat des Entrepreneurs des Travaux Publics de France, Président de la Chambre de Commerce de Mont-de-Marsan, Officier de la Légion d'Honneur.

M. le Président adresse à la famille de ce regretté Collègue l'expression des sentiments de sympathie de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les décorations et nominations suivantes:

Ont été nommés:

Officiers d'Académie: MM. V. Boilève, H. Chaussenot, P. Lévy;

Officier de l'Ordre du Nicham Iftikar: M. P. Gallotti;

M. Henri Chaussenot vient d'être nommé Secrétaire général du Syndicat professionnel des Industries électriques.

M. le Président adresse à ces Collègues les vives félicitations de la Société.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance. Cette liste sera insérée dans un de nos prochains Bulletins.

Il signale que notre Collègue, M. Cacheux, nous fait connaître que l'Administration de l'Exposition d'hygiène et de sauvetage a mis gratuitement à la disposition de la Société une salle du premier étage au Grand Palais de l'Industrie, pendant toute la durée de l'Exposition, qui aura lieu d'août à mi-novembre, pour y exposer les dessins et documents relatifs à l'Hygiène.

Il engage ses Collègues à répondre à cette gracieuseté en exposant tous les documents qu'ils pourraient réunir sur ce sujet.

Une exposition des Mines et Travaux hydrauliques de Catalogne et Iles Baléares aura lieu à Barcelone, et l'ouverture en a été fixée au 25 septembre prochain.

L'Administration de cette Exposition nous adresse des documents à ce sujet en nous priant de faire connaître aux membres de notre Société l'intérêt qu'il peut y avoir pour eux, à y exposer des machines-outils

et appareils de fabrication française pour les Mines et Travaux hydrauliques.

Les délais d'admission sont pour les demandes, le 1er août; et pour l'entrée des produits, le 1er septembre, l'inauguration devant avoir lieu le 25.

Le Ministère des Colonies nous fait connaitre qu'une adjudication pour la construction d'une cale de halage à Haïphong (Tonkin), aura lieu au Bureau de l'Administration de ce port vers la fin d'octobre.

Le cahier des charges relatif à cette adjudication est déposé à la Bibliothèque.

M. le Président rappelle qu'il a l'agréable mission de proclamer, dans la séance de ce soir, les noms des Lauréats des divers Prix que la Société doit décerner cette année, savoir:

Prix Annuel,
Prix M. Alcan,
Prix F. Coignet.

Le *Prix Annuel* est décerné à M. Henri Bénard pour son mémoire: *les Phares du Sud de la mer Rouge et leur installation*, publié dans le Bulletin d'avril 1903.

M. le Président est heureux d'adresser les félicitations de la Société et les siennes personnelles au lauréat, qui était on ne peut mieux désigné pour cette récompense par son mémoire remarquable à la fois par sa rédaction si complète et par l'intérêt qu'il présente au point de vue technique en montrant comment ont été vaincues les difficultés considérables rencontrées dans l'exécution d'un travail d'établissement de trois phares sur des îlots pour ainsi dire inaccessibles. *(Applaudissements.)*

En l'absence de M. Bénard, retenu à l'étranger, M. le Président remet le prix à son Associé M. Barbier.

M. le Président proclame ensuite le lauréat du *Prix Michel-Alcan*, fondé par M. Simon, Membre de la Société, en mémoire de M. Alcan, ancien Président, prix décerné au meilleur mémoire présenté par un Membre dont l'admission dans la Société remonte à moins de trois ans. Il a été attribué cette année à M. Léon Guillet pour son mémoire : *la Métallographie microscopique et son utilisation comme méthode d'essais*, paru dans le Bulletin de juillet 1903.

M. le Président félicite avec le plus grand plaisir, au nom de la Société, M. Léon Guillet, auquel la Société, en dehors du mémoire primé, est redevable de plusieurs autres travaux importants que l'auteur a exposés, et notamment de la communication très intéressante portée à l'ordre du jour de la séance. Les travaux de M. Guillet ont rendu de sérieux services aux métallurgistes et aux constructeurs tout à la fois. *(Applaudissements.)*

Enfin, le troisième prix à décerner cette année était le *Prix François-Coignet*, fondé par la famille Coignet, et qui était réservé cette année à la Section d'électricité.

Il a été décerné *ex æquo* :

A M. R.-V. Picou pour son mémoire sur *la Régulation des moteurs appliqués à la commande des machines dynamo-électriques*, paru dans le Bulletin d'octobre 1903;

Et à M. E. Hospitalier pour son mémoire *Observations et enregistrement des phénomènes périodiquement et rapidement variables* paru dans le Bulletin de février 1903.

M. le Président félicite les deux lauréats, dont les mérites sont trop connus pour en faire l'éloge. M. Picou, dont tout le monde a admiré la belle œuvre quand il était Ingénieur en Chef de la Section électrique à l'Exposition de 1900, a étudié d'une façon très complète le problème délicat de la régulation des groupes électrogènes et a montré ses hautes qualités tant d'électricien que de mécanicien de premier ordre. *(Applaudissements.)*.

M. Hospitalier a décrit, dans son mémoire des appareils, d'un grand intérêt pratique, puisqu'ils complètent nos organes visuels, si imparfaits permettant de se rendre compte de phénomènes très utiles à observer et dont les applications sont très multiples. Ce travail de M. Hospitalier ne peut qu'être fécond en résultats et récompense en outre des créations personnelles dont M. le Président est heureux de le complimenter. *(Applaudissements.)*

M. le Président exprime le vœu de voir la Société disposer, dans l'avenir, de prix plus nombreux à décerner à un grand nombre de travaux qui méritent d'être distingués.

M. H. Couriot, Président de la Société, présente un compte rendu sommaire de l'*Excursion de la Société dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais* (avec projections).

Il déclare tout d'abord que s'il a accepté, conformément au vœu du bureau, de faire un résumé, à si brève échéance, du voyage que la Société vient d'effectuer dans le Nord et le Pas-de-Calais, c'est surtout parce qu'il n'a pas voulu attendre pour remercier de l'accueil si large, de l'hospitalité si libérale qui ont été réservés, de toutes parts, aux Membres de la Société par les diverses Compagnies de Mines. Il se bornera à faire un exposé très sommaire destiné principalement aux Membres de la Société qui n'ont pu prendre part à ce voyage; mais l'importance des visites faites et l'intérêt offert par les installations parcourues méritent des études complètes et M. le Président a le plaisir d'annoncer que cinq Membres de la Société ont bien voulu se charger de rédiger des monographies spéciales de chacune des exploitations visitées, ainsi que de l'Exposition d'Arras, lesquelles formeront l'objet d'un ou deux Bulletins, devant paraître pendant les vacances.

Il remercie par avance les auteurs de ces monographies, qui seront faites par :

M. Boutté, Ancien Ingénieur divisionnaire des Mines de Carmaux pour les *Mines d'Anzin ;*

M. Bel, Membre du Comité, pour les *Mines de Bruay;*

M. Suisse, Ancien Ingénieur en chef aux Mines de Blanzy, pour les *Mines de Marles ;*

M. de Gennes, Membre du Comité, ancien Ingénieur des Mines de Lens, pour les *Mines de Lens;*

Et MM. Bel, Membre du Comité, et Schuller, Secrétaire technique, pour l'*Exposition d'Arras.*

M. H. Couriot est certain de se faire l'interprète de tous les excursionnistes en remerciant chaleureusement la Compagnie des Chemins de fer du Nord de l'attention délicate qu'elle a eue de mettre un train spécial à la disposition des excursionnistes, pendant les quatre jours qu'a duré le voyage, du 9 au 12 juin, ce qui a procuré à chacun la double satisfaction de voyager rapidement, et de voir beaucoup de choses dans le minimum de temps en rayonnant de Lille.

L'emploi de la première journée, celle du 9 juin, comportait la visite des Mines d'Anzin; les Membres de la Société, transportés sans arrêt jusqu'à la gare de Somain, y furent reçus par M. François, Directeur général de la Compagnie des Mines d'Anzin, qui les conduisit, par un train spécial de cette Compagnie, à Anzin, en leur montrant au passage les principales installations parcourues par la voie ferrée.

A Anzin, M. Casimir Périer, Président du Conseil de Régie, venu exprès de Paris, a fait aux excursionnistes l'honneur de les recevoir, accompagné de MM. le Baron de La Grange et de notre distingué Collègue M. Agache, Régisseurs d'Anzin, et du haut personnel de la Compagnie : M. de Forcade, Secrétaire général, MM. Saclier, Ingénieur en chef des travaux du fond, Darphin, Ingénieur en chef des travaux du jour, Parent, Chef des fabrications, etc.

A la fin du déjeuner, offert par la Compagnie, M. Casimir Périer a souhaité la bienvenue à la Société des Ingénieurs Civils de France et, dans un toast charmant et d'un style très élevé, qui sera reproduit dans la monographie d'Anzin, a fait ressortir combien étaient considérables les services rendus à la grande Industrie par la Société des Ingénieurs Civils de France.

Le Président du Conseil de Régie d'Anzin a ensuite fait visiter, avec ses Collaborateurs, les nouveaux ateliers d'Anzin, qui couvrent une superficie de 6000 mètres. Bien que ces installations ne soient pas encore complètement terminées, il est néanmoins facile d'en apprécier le caractère pratique; toutes les machines sont actionnées par l'électricité.

La journée s'est terminée par la visite de la fosse d'Arenberg, située au nord du bassin, sur un faisceau de couches renfermant 10 à 12 0/0 de matières volatiles, siège dont les dispositions d'ensemble, comme les détails, offrent le plus grand intérêt. Il comprend deux puits, l'un de 5 m, l'autre de 3,80 m de diamètre, ce dernier entièrement affecté à l'aérage.

La production du puits d'extraction n'est encore que de 450 t par jour, mais son agencement a été prévu pour une extraction journalière de 1 500 t, quand les aménagements seront terminés.

La machine d'extraction est à quatre cylindres disposés deux à deux en tandem, donnant, sans complication de marche, l'économie de la double expansion complétée par le vide d'une condensation centrale.

Les cages employées sont à douze berlines en trois étages; la charge utile est ainsi de 7 200 kg et l'unité de charge atteint 15 200 kg.

Pour obtenir une production intensive, l'encagement et le décagement sont automatiques, réduisant ainsi le personnel au strict nécessaire. Le guidage est constitué en rails de 12 m de longueur et de 45 kg au mètre courant, supportés par des poutrelles de 55 kg au mètre courant, espacées à 3 m les unes des autres, donnant une grande rigidité et permettant les plus grandes vitesses.

L'installation au jour comporte, notamment, deux groupes électrogènes de 300 kilowatts, composés chacun d'une machine à vapeur compound actionnant une génératrice-compound Postel-Vinay à courant continu. L'énergie, sous une tension de 500 volts, donne le mouvement à neuf électromoteurs répondant aux divers besoins de la mine ; et représentant ensemble 514 ch de force. Parmi ces appareils, il y a lieu de signaler les plus puissants : un ventilateur du type Guibal modifié à grande vitesse, de 4 m de diamètre et 1,60 m de largeur, tournant à 180 tours et absorbant 70 ch (un ventilateur semblable doit être installée, mais n'est pas encore en place) ; une pompe électrique de 140 ch, le moteur de l'atelier de lavage absorbant 120 ch et celui du criblage de 40 ch.

On voit que la fosse d'Arenberg a été dotée d'installations d'une grande puissance ; c'est avec une grande satisfaction que les visiteurs, qui avaient admiré les dispositions adoptées pour son établissement à l'Exposition de 1900, ont eu le plaisir de voir le matériel en place et en marche dans la concession d'Anzin où ce siège fait grand honneur à ses auteurs.

Le second jour, vendredi 10, comportait la visite de deux importantes entreprises : le matin, celle des Mines de Marles, et l'après-midi, celle des Mines de Bruay.

Notre distingué Collègue, M. le Comte Armand, Administrateur délégué de la Compagnie des Mines de Marles, avait eu l'extrême courtoisie de revenir du Portugal pour recevoir les Membres de la Société, à leur arrivée à la station de Lapugnoy ; il était accompagné de M. Soubeiran, Ingénieur conseil, et de M. Engelbach, Directeur de la Compagnie, ainsi que des principaux chefs de services.

La visite a commencé par l'examen d'une reproduction, faite au jour, de la traction électrique telle qu'elle existe dans plusieurs exploitations de la Compagnie, où elle a été utilisée sur un développement total de 6 km. Grâce à cette traction, qui a vu le jour il y a quinze ans, la Compagnie de Marles a pu étendre à 3 km le champ d'exploitation dans un de ses puits et opérer ses transports dans des conditions à la fois rapides et économiques.

La mine n'ayant pas de grisou, l'énergie électrique arrive par des trolleys ou plutôt des chariots collecteurs de courant, dont les galets circulent sur des rails conducteurs de 8,75 kg, régnant en couronne des galeries.

Les locomotives pèsent 3 200 kg et peuvent remorquer, à la vitesse de 5 m par seconde, des rames de trente berlines, en fournissant un travail utile de 600 tkm par jour.

Les locomotives électriques employées sont au nombre de 15 ; leur réversibilité est obtenue mécaniquement. La dynamo motrice, à enroulement Gramme, est excitee en série et fait 1 200 tours. La voie, en rails d'acier de 15 kg, présente une pente de 11 mm dans le sens du roulage utile.

La station génératrice d'électricité distribue à la fois l'énergie aux services de la traction, de l'aérage, des épuisements, du lavage et de la perforation; 15 perforatrices électriques sont employées par la Compagnie des Mines de Marles. L'usine fournit le courant continu à 500 volts.

Pour faire leurs études sans trop d'encombrement, les excursionnistes se divisèrent en plusieurs groupes : l'un d'eux est descendu dans la mine pour visiter le traînage électrique, la pompe Erhardt et Sehmer (170 tours) et la pompe centrifuge Sultzer (1 300 tours); le deuxième groupe a visité les installations extérieures du siège n° 5, notamment la machine d'extraction munie d'un câble Koepe, la station centrale électrique, la condensation centrale et le chemin de fer aérien. Enfin, le troisième groupe est allé voir le terril en cône, la Briqueterie de schistes, un Hôpital récemment construit par la Compagnie avec un soin tout particulier, et la « Goutte de lait », service de consultation des nourrissons, œuvre très intéressante que l'on doit souhaiter voir se développer dans tous les centres industriels. Grâce à elle, les enfants sont nourris avec un lait pasteurisé absolument sain, et qui est dosé, comme quantités et proportions, suivant l'âge de chaque enfant. On le voit, on prépare de la sorte dans le Bassin du Nord et du Pas-de-Calais, tout en diminuant la mortalité infantile, de robustes générations de travailleurs.

Après un déjeuner, qui s'est terminé par un discours plein de sens pratique, prononcé par M. le comte Armand, la visite s'est continuée par un arrêt du train spécial de la Compagnie des Mines de Marles qui devait nous conduire au rivage, à sa gare de triage; cette gare a pour but de faire bénéficier la Compagnie de Marles des primes allouées par le Chemin de fer du Nord pour les wagons remis à des heures déterminées, classés par rames ou par trains complets, pour des destinations régionales précises. Les trains arrivent ainsi tout formés aux aiguilles de la Compagnie du Nord, ce qui constitue un gain de temps pour l'expédition des wagons, profitable à la clientèle des Mines et une meilleure utilisation du matériel roulant dont bénéficie le chemin de fer.

Au rivage de la Compagnie des Mines de Marles, les excursionnistes ont fait un temps d'arrêt pour étudier le fonctionnement des basculeurs mécaniques à contrepoids pendulaire, installés par notre Collègue, M. Malissard-Taza, et opérant, par la gravité, le culbutage sur trémies de wagons de 10 t.

Après des remerciements adressés au personnel dirigeant de la Compagnie des Mines de Marles, les Membres de la Société sont passés au rivage des Mines de Bruay où ils furent reçus par MM. Dincq, Administrateur Délégué, Elby, Directeur, Conte, Ingénieur en Chef, et par les chefs des divers services de la Compagnie. Un train spécial, mis à leur disposition par la Compagnie, les conduisit au siège n° 5 qui comprend trois puits, dont deux jumeaux affectés à l'extraction, et un troisième, situé à 850 m au sud, qui sert uniquement à l'aérage. Les deux machines d'extraction de ce siège, de 950 $\times$ 1 700, sont à soupapes avec distribution Kraft-Audemar.

L'installation extérieure de la fosse n° 5 est des plus importantes et comprend : quatorze chaudières semi-tubulaires, de 259 m² de surface de chauffe, timbrées à 8 kg; un épurateur Desrumeaux ramenant à

l'heure 40 m³ d'eau d'alimentation de 23 degrés à 4 degrés hydrotimétriques ; un ventilateur Mortier de 2,40 m de diamètre, portant trente-six ailes, ayant 1,436 m de largeur, tournant à la marche maxima à 360 tours et absorbant 310 ch à la vitesse maxima ; un deuxième ventilateur Guibal, de 6,50 m de diamètre, largeur 1,70 m, marchant à 128 tours, et deux ventilateurs Rateau installés sur le puits de retour d'air : leur diamètre est de 3,40 m, le nombre de tours maximum est de 176.

L'air comprimé est produit par deux compresseurs Dujardin fournissant chacun 10 m³ par minute d'air à 6 kg.

L'installation électrique, qui a été établie par nos Collègues MM. Sautter et Harlé, comporte trois moteurs à vapeur, du type vertical à deux cylindres compound, d'une force de 250 ch l'un, commandant chacun deux dynamos de 66 kilowatts à 500 tours par minute. Un quatrième groupe électrogène, de même puissance, offre un intérêt tout particulier, car il est constitué par une turbine Rateau à basse pression alimentée par un accumulateur régénérateur qui utilise les vapeurs d'échappement des machines d'extraction. La turbine tourne à 1 600 tours et actionne deux dynamos de 66 kilowatts chacune. Les groupes électrogènes fournissent l'énergie et l'éclairage aux ateliers de réparation, pompes diverses, treuils, monte-charges, transbordeurs, ventilateurs Rateau, etc.

Les vapeurs d'échappement de tout le siège sont envoyées à une condensation centrale pourvue d'une cheminée de réfrigération, système Klein, d'une capacité de refroidissement de 350 m³ d'eau à l'heure.

Une des questions qui préoccupent à juste titre les concessionnaires des Mines de Bruay, c'est celle des épuisements, par suite du coup d'eau survenu en 1891, à la fosse n° 4, au cours duquel l'entretien d'eau a été de 25 000 m³ par jour. Pour lutter contre le retour d'un accident semblable, la Compagnie des Mines de Bruay a relié toutes ses fosses entre elles et les a armées d'une façon très puissante au point de vue de l'exhaure, afin qu'elles puissent toutes concourir à l'épuisement, en cas de venue d'eau exceptionnelle à l'une d'elles. L'installation actuelle permet de tirer 50 000 m³ d'eau en vingt heures et on pourrait accroître notablement ce chiffre en faisant marcher toutes les machines d'extraction à l'épuisement, les fosses étant pourvues de caisses à eau qui permettent de tirer chacune 5 000 m³ par vingt heures.

A signaler, parmi les pompes, une pompe Maillet, installée au n° 5, refoulant 500 m³ d'eau à l'heure à 32 tours de 334 m de profondeur et une turbo-pompe Rateau, placée au même étage et rejetant 250 m³ d'eau à l'heure.

Nous avons pu visiter au n° 5 une lampisterie de 2 500 lampes à benzine et au n° 1 une lampisterie de 1 200 lampes électriques Neu-Catrice dont le type le plus réduit pèse 1 600 g.

Cette journée pleine d'intérêt s'est achevée dans un banquet sous la présidence de M. Marmottan, Président de la Compagnie des Mines de Bruay, qui a porté un toast au Génie Civil dans un langage particulièrement élevé.

La troisième journée de notre excursion, le samedi 11, a été entièrement consacrée aux mines de Lens. Nous avons eu le plaisir de trouver à

la gare de Lens M. Descamps, Vice-Président du Comité d'administration, remplaçant le Président, M. Danel, que son grand âge avait retenu éloigné, et notre éminent Collègue, M. Reumaux, Directeur général de la Compagnie. Pour parcourir dans les conditions les plus favorables les remarquables installations de Lens, les Membres de la Société furent divisés en trois groupes, qui se sont répartis entre les fosses 9, 11 et 12; ils purent de la sorte visiter les travaux du fond et admirer les belles installations extérieures des derniers sièges aménagés pour une extraction de 1 250 t environ par poste et qui sont des modèles de construction économique industrielle, sans que rien ait été négligé de tout ce qui peut concourir à la bonne marche et à la sécurité de l'exploitation.

Au point de vue spécial de la sécurité chacun a pu apprécier les nombreuses créations de notre Collègue M. Reumaux : son évite-molettes, ses enclanchements des signaux avec les barrières du fond et les taquets de jour, et se rendre compte des nombreux dispositifs mécaniques imaginés par lui : taquets à excentriques, taquets hydrauliques, appareils de criblage, etc.

Nos Collègues ont prêté une attention toute particulière à la pompe centrifuge de 125 mm de diamètre, actionnée par une turbine de Laval de 325 mm de diamètre, qui a été dernièrement décrite par son auteur, notre Collègue, M. Sosnowski, à la Société des Ingénieurs Civils de France. Elle élève 125 m^3 à l'heure de 211 m de profondeur à 13 000 tours à la minute.

MM. Descamps et Reumaux étaient secondés dans les explications et la conduite des groupes par MM. Bollaert, Ingénieur, Chef du Service commercial, Lafitte, Ingénieur en chef des travaux du fond, Dinoire, Naissant et Salvetat, Inspecteurs principaux.

Après un banquet non moins somptueux que ceux des journées précédentes, l'après-midi fut consacré à la visite des installations extérieures. Leur importance est telle que leur description ne peut prendre place dans ce compte rendu sommaire; elle figurera dans la monographie consacrée aux mines de Lens. Une visite rapide de la fosse 8, de sa lampisterie à benzine, de ses écoles, de sa cité, de la goutte de lait, de la coopérative a été suivie de celle du rivage de Pont-à-Vendin, de ses vastes quais d'embarquement avec trémies devant lesquelles arrivent les wagons de la Compagnie constitués par des caisses basculantes qu'incline, en quelques instants, une grue à vapeur montée sur la locomotive de manœuvre; cette dernière, de la sorte, charge tout un train en vingt minutes dans les péniches. Cette belle installation qui date déjà de 1872, est encore sans rivale aujourd'hui au point de vue de la rapidité des chargements.

Les excursionnistes ont encore visité avec un haut intérêt les batteries de fours à coke, deux usines à récupération des sous-produits, une usine de distillation et de rectification des goudrons et benzols, la production du sulfate d'ammoniaque, des huiles lourdes, des naphtalines, des graisses; les chaleurs perdues des fours sont utilisées, dans des chaudières, à actionner d'importants groupes électrogènes qui produisent 2 500 chevaux distribués de toutes parts à l'extérieur pour répondre aux multiples besoins des mines.

M. Couriot expose qu'après les réceptions dont les membres de la Société ont été l'objet, après l'accueil si large, si libéral, si cordial qui leur a été fait, la Société a eu le plaisir de recevoir, à son tour, le dimanche 12 juin, à Arras, les administrateurs et les directeurs des Compagnies houillères dont ils avaient été les hôtes les jours précédents. Il leur adresse à nouveau, au nom de la Société tout entière, l'expression sincère de la profonde gratitude de ceux qui ont eu la bonne fortune de prendre part à la belle, utile et intéressante excursion faite dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais. *(Vifs applaudissements.)*

La visite de l'Exposition d'Arras serait trop longue à décrire, même succinctement. La notice, dont se sont chargés MM. M. Bel et Schuhler, donnera en détail tout ce qui offre un intérêt pour les membres de la Société. M. le Président saisit l'occasion qui se présente encore à lui de remercier les Sociétés minières qui ont pris part à l'Exposition d'Arras et qui ont bien voulu, sur sa demande, envoyer des Ingénieurs dans leur stand respectif, pour donner aux visiteurs les renseignements les plus détaillés et les plus intéressants sur les objets exposés par elles. *(Applaudissements.)*

M. Couriot termine en disant que la réussite de ce voyage montre combien un certain nombre de nos Collègues ont attaché d'intérêt à ce voyage en corps, qui leur a permis de voir, en peu de temps, beaucoup de choses, qui n'auraient pu être montrées à des visiteurs isolés, vu les multiples dérangements que présenteraient pour les exploitants de Mines des visites multipliées à des dates différentes. Il remercie enfin ses collègues qui, au cours de l'excursion, ont pris des vues photographiques qui lui ont permis d'illustrer par les projections le récit sommaire qu'il vient de faire des quatre journées bien agréablement remplies et bien utilisées. *(Applaudissements.)*

M. L. Guillet a la parole pour sa Communication sur *La Classification, les propriétés et l'utilisation des aciers spéciaux ternaires* (avec projections).

M. L. Guillet, après avoir remercié la Société de l'honneur qu'elle a bien voulu lui faire en lui remettant le prix Michel Alcan, définit ce qu'il entend par acier ternaire: un alliage de fer, de carbone et d'un troisième corps, métal ou métalloïde. Il rappelle très brièvement ce qu'il a déja dit sur les aciers au nickel, au manganèse, au chrome et au tungstène.

Il étudie ensuite l'influence du molybdène, qui joue exactement le même rôle que le tungstène, à cela près qu'il faut quatre fois moins de molybdène que de tungstène pour produire le même effet. Le diagramme des aciers au molybdène est d'ailleurs aussi simple que celui des aciers au tungstène.

Le cobalt, malgré son voisinage si étroit avec le nickel, n'apporte, du moins jusqu'à 30 0/0, aucune modification dans la structure et les propriétés des alliages fer-carbone, au contraire de ce que l'on a écrit.

Le silicium, au contraire, précipite le carbone à l'état de graphite, dès que l'acier en renferme 5 0/0; il forme jusqu'à 15 0/0 une solution solide avec le fer; il faut cependant ajouter que dans quelques aciers à

7 et 10 0/0 de silicium, on a pu isoler de très faibles quantités (0,7 0/0) de la combinaison Fe^2Si qui a déjà été signalée et qui apparait au microscope sous forme de rognons blancs. Au-delà de 15 0/0, on voit apparaître le composé connu FeSi.

Le titane et l'étain ne donnent pas les mêmes résultats que le silicium; dans les aciers qui ont été étudiés et qui renfermaient jusqu'à 10 0/0 d'étain ou de titane, tout le carbone est à l'état de carbure de fer, tandis que le titane est toujours en solution, l'étain forme une combinaison qui apparait nettement au microscope, mais qui n'a pu encore être isolée.

M. Guillet étudie en détail la constitution, les propriétés et les actions possibles des aciers à l'aluminium et au vanadium.

Il montre tout d'abord que l'aluminium entre en solution dans le fer et lorsque cette solution est assez riche en aluminium, elle empêche, en quelque sorte, la perlite de s'étendre; celle-ci prend une forme granulaire très remarquable. Plus la teneur en aluminium est élevée, plus la perlite se colore facilement par l'acide picrique et même par le picrate de soude en solution sodique. Lorsque la teneur en aluminium atteint 10 0/0, on trouve de la cémentite, et cela quelle que soit la teneur en carbone.

L'addition d'aluminium n'a pas d'influence sur la charge de rupture et sur la limite élastique; mais, dès que le pourcentage de ce métal est suffisamment élevé pour que la perlite devienne granulaire, les allongements et les strictions deviennent extrêmement faibles, même nuls.

Les aciers au vanadium ont été étudiés avec un soin tout particulier, le vanadium allant en croissant depuis 0,2 à 10 0/0. Dans les aciers à 0,200 0/0 de carbone, tant que le vanadium ne dépasse pas 1 0/0, on ne trouve que de la perlite; au delà on voit naître des points blancs dont l'importance et le nombre vont en croissant au fur et à mesure que le vanadium augmente; à 3 0/0, il n'y a plus de perlite. L'élément spécial est un carbure. Le vanadium commence donc par saturer le fer, puis se porte sur le carbone. Dans les aciers à 0,800 0/0 de carbone, on voit des grains blancs dès 0,7 0/0; mais ce n'est qu'à 7 0/0 de vanadium que tout le carbone est à l'état de carbure. Il y a ici beaucoup plus de carbone que dans le premier groupe; il faut donc beaucoup plus de vanadium pour que ce carbone soit entièrement à l'état de carbure.

Le vanadium augmente très rapidement la charge de rupture et la limite élastique, sans diminuer ni les allongements, ni la striction, ni la résistance au choc.

Mais dès qu'apparait le carbure, l'influence du vanadium diminue et la fragilité apparait.

Les aciers au vanadium perlitiques semblent avoir devant eux le plus brillant avenir.

Avant de conclure, M. Guillet montre l'application des théories récentes à deux groupes d'acier quaternaires : les aciers au nickel-manganèse, les aciers au nickel-silicium. Ces derniers sont extrêmement intéressants; certains types ont conduit à des charges de rupture extraordinairement élevées qui ont atteint jusqu'à *220 kg*; malgré cela les allongements étaient de 10 0/0 et la résistance au choc de 10 kgm.

En concluant, M. Guillet montre que les aciers ternaires se divisent en cinq groupes :

1° Aciers perlitiques (tous les éléments donnent des aciers perlitiques, quand leur pourcentage n'est pas très élevé);

2° Aciers martensitiques (aciers au nickel, manganèse ou chrome);

3° Aciers à fer γ (aciers au nickel ou au manganèse);

4° Aciers à carbure (aciers au chrome, tungstène, molybdène, vanadium);

5° Aciers à graphite (aciers au silicium).

Les plus intéressants sont certainement les aciers perlitiques; mais leurs propriétés dépendent essentiellement de l'élément qui est en solution dans le fer ou qui s'est substitué au fer de la cémentite. C'est ainsi que des aciers au nickel perlitiques ont devant eux le plus brillant avenir; au contraire les aciers à l'étain sont de la plus grande fragilité. Les aciers à graphite et ceux au chrome et vanadium renfermant du carbure n'ont aucune application.

M. Guillet termine en montrant combien cette étude, qui a permis de tracer des diagrammes d'une simplicité extrême, apporte de méthode dans une question qui paraissait très complexe.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. LE CHATELIER, qui est venu assister à la communication de M. Guillet.

M. H. LE CHATELIER n'a aucune observation à faire sur la communication même de M. Guillet; il n'y a pas lieu d'insister sur son très grand intérêt qui n'a certainement échappé à personne. Mais il voudrait prendre prétexte de la présentation de ce travail pour placer une remarque d'un ordre plus général.

Les recherches de métallurgie faites dans les laboratoires scientifiques ne jouissent pas toujours d'un grand crédit auprès des industriels. On leur conteste souvent une réelle utilité pratique. Ce reproche est tout à fait injuste. Les études d'Hopkinson, par exemple, sur le magnétisme des aciers au nickel ont fourni des indications précieuses aux fabricants de ferro-nickel en leur révélant l'existence de deux variétés allotropiques de ces alliages. Les recherches de M. Osmond sur les points de transformation des aciers spéciaux ont été mises à profit pour la fabrication des aciers rapides à outils. Mais dans bien des cas cependant la preuve directe des services ainsi rendus par la science à l'industrie ne peut être donnée. La séparation dans le temps et l'espace entre les recherches premières et leurs applications pratiques rend difficile de saisir le lien qui les réunit.

Les recherches de M. Guillet sont à ce point de vue particulièrement intéressantes. C'est dans le même laboratoire, dans les mêmes usines que se sont succédé à bref délai les études sur les aciers au nickel et leur emploi dans la fabrication par milliers de kilogrammes, ou encore les recherches théoriques sur la cémentation et l'installation de tout un nouvel atelier de cémentation. Les résultats matériels fournis par les études de laboratoire sont alors indéniables et s'imposent aux esprits les plus prévenus.

On est donc en droit d'espérer que l'exemple donné par M. Guillet

sera suivi par des usines tous les jours plus nombreuses. Et ce ne sera pas là le résultat le moins important du travail si intéressant qui vient d'être présenté.

M. le Président dit que M. Le Châtelier a rendu, de façon parfaite, l'impression faite par la communication de M. Guillet et qu'il ne peut qu'y ajouter ses remerciements et ceux de la Société, qui a reconnu au début de la séance à quel point elle apprécie la compétence de M. Guillet en la matière, en lui accordant un des prix de la Société des Ingénieurs Civils de France.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de :

MM. E.-C.-C. Dinoire, P. Girin, L.-E. Mouchette, P.-M.-R. Quesnel, E.-M. Sauvaire, comme Membres Sociétaires titulaires; et de :

MM. A. Boas, Ch.-G. Cavallier, L.-Th.-H. Dupuy, J. Hardelay, P.-M.-N. Moreau, F.-A. de la Rochette, comme Membres Sociétaires Assistants.

MM. Ch.-E. Brackenbury, Ch. Danchaud, J.-J. Esquërré, Ch.-A. Lelong, sont admis comme Membres Sociétaires Titulaires, et :

MM. L. Lamazière, A.-E. Leroy, comme Membres Associés.

La séance est levée à 11 heures.

L'un des Secrétaires techniques,
F. Clerc.

LA TRACTION PNEUMATIQUE

(TRACTION PAR LOCOMOTIVES A AIR COMPRIMÉ)

DANS LES MINES DES ÉTATS-UNIS[1]

PAR

M. A. DE GENNES

La traction par locomotives à air comprimé n'est pas nouvelle en France. Il y a plus de vingt ans que les premières machines de ce genre y ont été essayées et mises en service régulier; mais, quels que soient les avantages que cette solution présente, et que nous allons rappeler plus loin, leur emploi s'est restreint au point où elles ont fait leur apparition. Aux États-Unis, où ce mode de traction est relativement récent, il se développe depuis très peu de temps d'une manière extraordinaire. Nous allons examiner pourquoi et comment.

La traction pneumatique se trouve en présence de divers autres modes de traction : par la main de l'homme ; par les animaux, chevaux, mules ou ânes; par câble ou chaîne ; par la vapeur et enfin par l'électricité.

La première est encore en usage sur des parcours très restreints, dans un chantier ou jusqu'à une gare, là où l'on ne peut en mettre d'autre.

La traction animale est encore très répandue en France ; son avantage est de pouvoir aller presque partout, mais son inconvénient est d'exiger des galeries élevées. En outre, que l'on travaille ou non, le coût de la nourriture des animaux est le même. Une légère blessure, un clou de rue, met à zéro la valeur d'un animal, et il faut quelque temps pour en dresser un autre, ce qui occasionne une dépense. Enfin, elle exige un conducteur par animal.

La traction par câble ne se prête qu'à de grands parcours droits ou presque droits; son inconvénient est sa cherté d'installation et d'entretien, si le terrain n'est pas très solide : de

(1) Voir planche n° 72.

plus, il faut autant de mise en train pour quelques berlines que pour une extraction complète.

La traction à vapeur n'a guère son application possible dans les mines, car elle rend rapidement l'atmosphère irrespirable, bien qu'on s'en serve couramment dans de grandes sorties d'air à niveau, où les produits de la combustion s'échappent sans passer dans les travaux. Cela ressort plutôt du tunnel que de la mine, et nous ne la mentionnons que pour mémoire.

La traction électrique évite les désavantages cités plus haut. Il est assez facile de placer un fil dans les galeries et de modifier son emplacement : les locomotives électriques peuvent être construites très basses, de même que les berlines, ce qui permet dans bien des cas de ne pas toucher au toit même dans des veines peu puissantes; elles ne dépensent qu'en proportion du travail qu'on leur fait faire. D'autre part, l'électricité est un danger permanent, même aux faibles voltages, et impraticable dans les houillères grisouteuses comme elles le sont ou le seront bientôt toutes dans notre pays. Aux États-Unis, il n'en est pas de même : le charbon grisouteux est l'exception, et les mesures de sécurité bien moins surveillées qu'ici, rendent la zone d'emploi de l'électricité beaucoup plus grande. On s'en sert donc très largement. Il lui faut, il est vrai, des voies beaucoup plus solides, et partant plus coûteuses, mais cela est compensé facilement par l'économie faite sur le matériel roulant (car on fait la même extraction avec beaucoup moins de berlines), et par le débit en temps de ces voies, qui permettent une extraction intensive, avec une élasticité très grande. Il est effectivement très important de pouvoir, pour ainsi dire, aspirer le charbon dès que les tailles le produisent, et l'on sait que cela se passe à peu près à la même heure dans toute une houillère; si les tailles ne sont pas dégagées, l'ouvrier ne travaille plus, bricole s'il est de bonne heure, et s'en va s'il est tard, et c'est une perte irrémédiable aussi bien pour lui que pour la Compagnie. C'est pour cela que le plus grand soin d'un bon maître mineur est de ne pas laisser les tailles manquer de wagonnets. Mais le matériel n'est pas indéfini, et, à peu près à la même heure, tous les garages sont bloqués par des pleins, pendant que les tailles crient pour avoir des vides. C'est à ce moment précis qu'il est de première importance d'avoir un moyen de traction puissant et intensif, qui donne un énorme coup de collier, et dont le repos relatif le reste du temps ne soit pas une cause de dépense. C'est ce que peuvent seuls faire les

moyens de traction mécaniques, car les bêtes de somme demandent au contraire un train-train régulier, dont ni leur vitesse ni leur puissance de traction ne leur permettent de s'écarter.

L'avantage que présente cette puissance élastique est difficile à évaluer, parce qu'il est impossible de savoir ce que perd une extraction par l'arrêt momentané du débloquage des tailles, mais tous les Ingénieurs de charbonnages seront de mon avis quand je dirai que cela atteint un chiffre considérable et quotidien.

La traction pneumatique réunit actuellement les divers avantages énumérés plus haut. Il n'y a pas bien longtemps, car ce n'est que depuis deux ou trois ans qu'elle est réellement entrée dans la pratique ; mais aussi, depuis cette époque, elle se développe largement et remplace la traction électrique non seulement dans les houillères où le grisou, même sans qu'on l'y ait constaté, pouvait toujours révéler sa présence un jour où l'autre par une catastrophe, mais encore dans les mines métalliques, d'où l'air comprimé a déjà chassé l'électricité pour actionner les perforatrices, et où il la remplace, maintenant, dans bien des endroits pour la traction.

Il y a, pour cela, plusieurs raisons. D'abord, la sécurité. Comme l'a dit si justement M. W. L. Saunders devant l'American Institute of Mining Engineers, « l'air est exactement ce qu'il faut dans une mine, et l'électricité est ce qu'il ne faut pas. Le premier est sûr et sain, la seconde est dangereuse et destructrice. » Nous savons bien que l'air rendu dans la mine par une locomotive est peu de chose à côté des quantités d'air admises par la ventilation ; mais encore vient-il en addition de celle-ci ; l'on sait que des avancements allant jusqu'à des kilomètres ont été faits dans des galeries au rocher sans autre aérage que celui qui provenait de l'air comprimé employé par les perforatrices. Nous n'avons pas besoin d'appeler l'attention sur les dangers du fil électrique, même à basse tension, car l'on a eu, en France, des accidents mortels avec des fils à 110 volts. Cas particuliers évidemment ; mais si rare que soit un résultat aussi grave, il n'est jamais agréable, quand on glisse sur un rail et qu'on veut instinctivement se rattraper, de toucher le fil et de faire un court-circuit.

Ensuite la facilité et le coût d'installation. S'il est relativement aisé de poser dans les voies principales d'une mine le fil électrique, il est encore bien plus facile et moins coûteux de ne rien poser du tout. La locomotive électrique ne peut guère dépasser

les grandes voies, tandis que les locomotives pneumatiques vont, aux États-Unis du moins, où les tailles sont plus importantes que les nôtres, chercher le charbon jusqu'au chantier. C'est même cet avantage qui les a fait employer au début, en supprimant le roulage à bras ou à mule des tailles aux grands garages.

Enfin, et l'on ne s'est rendu compte de cela que par la suite, l'entretien et le prix de revient (qui en découle en partie), sont moins élevés avec la traction pneumatique. L'économie donnée par l'emploi de l'électricité est plus apparente que réelle, car ses appareils sont délicats ; ils demandent des soins constants donnés par un personnel de choix, à salaire élevé ; ses réparations sont fréquentes et coûteuses, et enfin les pertes par mauvais isolement des fils, minimes au début, deviennent rapidement considérables dans une mine toujours plus ou moins humide. Tandis que l'air comprimé, bien que son rendement théorique, surtout avec les hautes pressions dont nous parlerons plus loin, ne soit pas fameux (20 à 30 0/0), ne nécessite que des appareils simples et robustes, les seuls qui conviennent dans une mine; ils n'ont qu'un entretien minime et des réparations simples comme mécanique, que l'on peut faire faire dans n'importe quel atelier.

Nous donnerons plus loin des exemples de comparaison de prix de revient entre la traction pneumatique et les tractions animale et électrique, basés sur des expériences de longue durée en marche courante ; mais nous appelons dès maintenant l'attention sur la différence qu'il y a, pour l'exploitant, entre le *rendement mécanique* (qui envisage seulement la marche de l'appareil mécanique en parfait fonctionnement et considéré en lui-même) et le *rendement industriel*, qui comprend non seulement ce premier chiffre, mais en outre toutes les modifications que peuvent lui faire subir les circonstances de son utilisation au milieu des autres facteurs de la mine.

C'est ainsi que, pour fixer les idées, il se peut très bien, dans la pratique, qu'un rendement mécanique de 50 0/0, qui donnera des arrêts de temps en temps, avec des réparations élevées et des pertes de travail, soit beaucoup plus cher qu'un rendement mécanique de 30 0/0, qui sera beaucoup plus robuste et n'arrêtera jamais, et dont le rendement industriel sera ainsi supérieur à celui du premier. Le coût du charbon dépensé pour le générateur est un facteur intéressant, mais c'est bien loin d'être le seul ni même le plus important en réalité; le premier, dans une mine, est la régularité et la robustesse du fonctionnement.

Autre exemple : en faisant le prix de revient de la traction animale, on ne comptera pas les journées passées à réparer les entre-voies et les aiguilles usés par les pieds des animaux : cette dépense est pourtant existante et n'a pas lieu, au contraire, pour la traction mécanique.

Enfin, si l'on veut par exemple avoir trois locomotives électriques en service, il faut en avoir deux en réserve, soit cinq en tout à acheter: tandis que pour avoir trois locomotives pneumatiques en service, on n'en prend que juste trois, qui, d'ailleurs, sont de prix bien moins élevées que les premières.

Pourquoi donc, avec toutes ces conditions favorables, la traction pneumatique ne s'est-elle pas imposée plus tôt?

Il faut le reconnaître, les premiers essais tentés étaient peu encourageants. On ne pouvait obtenir que des pressions peu élevées : il fallait donc que la locomotive pneumatique emportât des réservoirs lourds et encombrants à sa suite; son parcours était très limité; enfin le fonctionnement des premiers appareils était naturellement un peu rudimentaire. Puis survint la fée Électricité, qui a fait assez de merveilles pour qu'on puisse limiter son domaine à l'extérieur des mines à grisou; tous les inventeurs se lancèrent sur cette voie largement ouverte, et le temps n'est pas loin de nous où tout appareil nouveau qui n'était pas électrique n'avait aucune chance d'attirer l'attention. La traction électrique entra alors dans une période de faveur méritée, et ce n'est que bien timidement que l'on vit réapparaître des essais de traction pneumatique. Il y avait à peine six ou sept de ces machines aux États-Unis en 1895, tandis qu'il y en avait, il y a un an (nous n'avons pas de statistique plus récente), plus de 150, dont 125 ne dataient pas de trois ans. Après avoir été oubliée pendant une vingtaine d'années, cette solution devenait pratique et utilisable grâce à un double pas en avant fait dans sa construction. La locomotive d'une part, et d'autre part le compresseur, organe indispensable qui lui donne carrière, avaient fait de notables progrès. C'est ce que nous allons maintenant examiner.

La nécessité d'emmagasiner avec moins de poids mort une plus grande quantité de puissance a conduit à employer des pressions de plus en plus élevées. On utilise maintenant couramment des pressions montant jusqu'à 88 kg par centimètre carré. On fait des compresseurs qui donnent cette pression, grâce à la compression étagée, en trois, quatre et même cinq ou six étages. Nous allons décrire dans ses grandes lignes un de ces compres-

seurs, à quatre étages, en marche à la mine Aragon, de la Olivier Iron Mining Company, Norway, Michigan *(fig. 1 et 2, Pl. 72).*

Ce compresseur, avec de la vapeur à 10,8 kg, comprime par minute de 11 à 14 m³ d'air aspiré, à la pression de 88 kg. Il est divisé en deux parties, s'équilibrant autant que possible, de part et d'autre d'un arbre à volant central. Deux cylindres à vapeur, compound à distribution Corliss, sont placés symétriquement. En tandem sur le gros cylindre sont placés le premier et le quatrième cylindres à air, à simple effet tous deux, le premier refoulant vers le cylindre à vapeur et le quatrième vers l'extérieur, évitant ainsi le passage d'une tige dans une boîte à étoupe pour la forte pression. De l'autre côté, et avec une disposition semblable, le petit cylindre à vapeur, le deuxième cylindre à air, et le troisième cylindre à air. Les deux cylindres à air à basse pression sont à soupapes d'àdmission Corliss ; les deux cylindres à air à haute pression, à soupapes à clapet.

Les quatre cylindres à air sont refroidis par une enveloppe traversée par un courant d'eau ; de plus, l'air passe dans trois réfrigérants disposés respectivement entre le premier et le deuxième (sous le plancher), le deuxième et le troisième (au-dessus d'eux), et le troisième et le quatrième (au-dessus du quatrième et du premier). Ce compresseur est en effet un compresseur sec ; on sait que ce système est exclusivement employé en Amérique à cause des inconvénients que l'eau d'injection et la rouille qu'elle forme présentent dans les conduites et les réceptrices ; on évite donc de mettre de l'eau dans l'air, et l'on fait tout ce qu'on peut pour enlever celle qui s'y trouve amenée par la condensation de l'atmosphère. Ceci est encore un exemple frappant de ce que nous disions plus haut : le *rendement mécanique* d'un compresseur à injection d'eau est en effet supérieur à celui d'un compresseur à refroidissement extérieur : on estime universellement aux Etats-Unis que le *rendement industriel* est l'inverse.

Un gouverneur, actionné suivant les besoins par la vitesse et la pression dans le réservoir, règle la marche du compresseur, entre 10 et 125 tours par minute, sans que l'on ait à s'en occuper.

Le compresseur marche d'une façon continue et envoie l'air comprimé dans un réservoir qui peut être ou un réservoir proprement dit, ou une conduite de tuyaux. Dans les débuts de ce système, on avait de préférence un gros réservoir près du compresseur et une conduite courte, la locomotive se chargeant à

chaque tour complet seulement; on préfère maintenant dans bien des cas, comme plus avantageux, le système qui consiste à avoir un réservoir minime, destiné seulement à subir les à-coups de la compression, et une conduite de tuyaux plus considérable, en diamètre et en quantité, qui constitue elle-même le réservoir, et que l'on fait aller jusqu'au bout des travaux, où la locomotive se recharge à chaque allée et venue. La locomotive elle-même est ainsi de beaucoup allégée. La conduite doit supporter une pression plus grande que la locomotive. Par exemple, supposons une pression demandée à la locomotive de 35 kg avec une capacité de 3 m³, et une pression restante au moment de la recharge de 3,5 kg. Une conduite-réservoir de 9 m³ de capacité et de 46 kg de pression s'égalisera avec la locomotive en la chargeant de suite à 35 kg. La locomotive part; pendant son voyage, la pression voulue s'établit dans la conduite, et ainsi de suite. On peut obtenir le même résultat avec d'autres combinaisons, 11 m³ de conduite à 42 kg, ou 7 m³ de conduite à 48 kg; le choix de l'un ou l'autre des procédés dépend des conditions locales.

Bien entendu, ces conduites à haute pression sont construites de manière à empêcher toute fuite. Les stations de chargement sont pourvues d'un tuyau flexible, de sorte que la locomotive puisse avoir une certaine latitude dans son point d'arrêt. (Voir Pl. 72)

Le diamètre des conduites va rarement jusqu'à 0,152 m ; il est habituellement de 0,127 m et descend à 00,76 m et 0,051 m. Des purgeurs d'eau sont installés à tous les points bas de la conduite.

Nous arrivons enfin au facteur principal, la locomotive pneumatique .Elle présente un ou deux grands réservoir d'air à haute pression, et un petit réservoir auxiliaire à basse pression. Ce dernier tire du ou des premiers l'air comprimé, à une pression uniforme, grâce à un régulateur de pression à valve automatique qui se trouve situé entre eux. Il distribue ensuite cet air aux cylindres de la locomotive, dont le reste des organes ne diffère guère de ceux d'une locomotive à vapeur, et en a la robuste simplicité, tout en ne présentant pas comme elle les dangers et dépenses inhérents à la présence du feu et de l'eau. La pression du réservoir principal varie, suivant les modèles, d'après le travail à obtenir, de 28 à 63 kg. Généralement, ce réservoir est formé par une feuille de tôle d'acier roulée et rivée; quelquefois cependant on emploie des tubes d'acier sans soudure, avec des pressions montant jusqu'à 105 et même 175 kg. Une autre solution consiste à emmener des réservoirs auxiliaires sur une autre

voiture, ce qui permet de plus longs parcours et évite alors une conduite allant à l'extrêmité des travaux.

Un organe important de la locomotive est le régulateur détendeur de pression. La valve automatique qu'il porte peut se régler instantanément pour la pression de travail voulue. Elle est en général de 9,8 kg, mais on peut l'augmenter immédiatement à 10,5 kg ou 11,2 kg pour un démarrage, un coup de collier sur une rampe, la remise sur voie d'une berline déraillée, ou la diminuer dans le cas d'un train moins lourd ou d'un parcours plus facile. La valve est automatique et se ferme d'elle-même quand l'admission est fermée, empêchant ainsi toute fuite du gros réservoir au petit. Elle est double et l'on peut aussi la fermer à la main, ce qu'on fait pour les arrêts de longue durée, aux repas ou la nuit, ou les jours de chômage. (Voir Pl. 72).

Les locomotives pneumatiques emploient en général l'air froid tel qu'il sort des réservoirs après les deux détentes successives, l'une dans le régulateur détendeur, l'autre dans les cylindres, où l'on marche avec le plus de détente possible, pour utiliser toute l'expansion de l'air. Cependant, quand on le peut, on le réchauffe à son entrée dans le petit réservoir, et l'on estime que le rendement mécanique, estimé, comme nous l'avons dit, à 20 ou 30 0/0, est augmenté de ce fait de 35 à 50 0/0. Pour les mines d'or et d'argent, où les trajets sont quelquefois très longs, les galeries étroites, ce qui diminue la capacité du réservoir, et le combustible cher, on emploie généralement un réchauffeur. Il y en a différents modèles, à eau chaude et à feu : certains même de ces derniers sont donnés comme d'une sécurité analogue à celle des lampes de sûreté pour les mines à grisou ; mais on préfère en général dans ces dernières dépenser un peu plus de combustible et ne pas risquer des accidents. Les constructeurs sont d'ailleurs arrivés, paraît-il, à éviter le gel des détendeurs sans réchauffeur, et l'on trouve souvent que la simplicité ainsi obtenue est préférable. Une quantité de locomotives de profil et de force différents se construisent. Pour donner une idée de cette dernière, nous nous bornerons à dire que la capacité de traction varie de 125 tonnes à 1600 tonnes en palier : on arrive à de véritables trains de chemins de fer.

Nous donnons quelques figures représentant des locomotives de divers constructeurs : elles se ressemblent comme aspect général : on voit qu'elles sont très ramassées et ont peu d'encombrement.

Les grands modèles servent à tirer des trains importants le long des artères principales de la mine; les petits modèles amènent le charbon des tailles aux garages où sont formés lesdits trains.

Nous allons donner maintenant quelques exemples de comparaison de prix de revient entre divers systèmes de traction.

Comparaison entre la traction animale et la traction pneumatique sur un mois de quinze jours de travail de dix heures (ce qui représente un mois moyen), à Shenendoah City Colliery (1).

La traction animale s'opérait au moyen de dix-neuf mules, seize en plat et trois en rampe, remplacées par deux locomotives, une en plat et une en rampe (tous les chiffres qui suivent sont en dollars).

PRIX DE REVIENT DE LA TRACTION ANIMALE.

	Par jour d'un mois de 15 jours de travail	Par an de 180 jours de travail
	—	—
Amortissement et dépréciation de 19 mules à 135 dollars, 16 0/0 sur 2 565 . . . Dollars.	2,28	410,40
Nourriture, soins, harnais et réparation, 109,50 par mule et par an	11,558	2080,50
2 conducteurs, 25 jours à 1,70 par jour .	5,667	1 020,00
1 — 20 — à 1,70 — .	2,267	408,00
2 — 20 — à 1,35 — .	3,600	648,00
1 — 25 — à 1,16 2/3 — .	1,556	280,00
1 aiguilleur, 20 — à 1,16 2/3 — .	5,556	280,00
1 accrocheur, 20 — à 1,16 2/3 — .	1,556	280,00
1 fermeur de portes, 20 jours à 0,80 p^r jour.	1,067	192,00
Entrepreneur	2,52	453,60
TOTAL.	33,627	6 052,50

Prix de revient par berline : $\frac{33,627}{660} = 0,051$.

(1) Nous devons les chiffres qui suivent, relevés par M. Geo S. Clemens de Pottsville, Pa, Philadelphia and Reading Coal and Iron C°, à l'obligeance de MM. Burnham, Willams and C°, Baldwin Locomotive Works, Philadelphia.

PRIX DE REVIENT DE LA TRACTION PNEUMATIQUE.

	Par jour d'un mois de 15 jours de travail	Par an de 180 jours de travail
	—	—
1 mécanicien du compresseur, 18 jours 3/4 à 1,33 1/8.	1,667	300,00
1 mécanicien de locomotive, 25 jours à 2,00.	3,333	600,00
1 — — 25 — à 1,70.	2,837	510,00
2 accrocheurs, 18 jours chaque à 1,70 . .	4,08	734,40
Graissage du compresseur	0,10	18,12
Graissage de locomotives.	0,176	31,68
Réparations du compresseur	0,15	27,00
— de locomotives.	0,35	63,00
Combustible pour compresseur	2,00	360,00
TOTAL des dépenses quotidiennes . . .	14,69	2644,20
Amortissement et dépréciation des chaudières, 10 0/0 sur 2500 dollars	1,39	250,00
Amortissement et dépréciation, 10 0/0 sur 13701,30	7,61	1370,13
TOTAL	9,00	1520,13
TOTAL GÉNÉRAL. . .	23,69	4264,33

Prix de revient par berline : $\frac{23,69}{660} = 0{,}036$.

COMPARAISON TOTALE.

	Par jour d'un mois de 15 jours.	Par berline.	Par an de 180 jours.
	—	—	—
Traction par mules.	33,627	0,051	6052,00
Traction pneumatique	23,69	0,036	4264,33
ÉCONOMIE	9,937	0,015	1788,17

NOTA. — La locomotive sur palier pourrait faire le double de travail, et la locomotive sur rampe le quadruple, et le compresseur pourrait nourrir une locomotive de plus.

Autre exemple.

Colliery n° 6 de la Susquehanna Coal C°, d'après M. J. H. Bowden *(Canadian Meeting, American Institute of Mining Engineers, 1900).*

Voir cette communication pour plus de détails : nous nous contentons d'en donner le résumé.

Comparaison de la traction par mules à la traction pneumatique pour deux années (1897 et 1898), de 179 et 160 jours de travail, y compris l'amortissement.

DÉPENSES	1897	1898
	dollars	dollars
Puits n° 6. — Avec des mules	6 074,52	5 742,02
— Avec l'air comprimé. . . .	1 989,69	1 921,77
ÉCONOMIE.	4 084,83	3 820,25
Galerie n° 6. — Avec des mules	5 251,11	4 971,96
— Avec l'air comprimé. . .	1 989,69	1 921,77
ÉCONOMIE.	3 261,42	3 050,19
ÉCONOMIE TOTALE	7 348,25	6 870,15

Économie en deux ans . . . . dollars. 14 218,70
Coût total de l'installation 15 156,00

Comparaison entre la traction électrique et la traction pneumatique (1).

Les chiffres ci-dessous sont relatifs, pour l'air comprimé, à l'exercice 1898 de la mine Glen Lyon, Pa (avec un intérêt de 5 0/0 sur le capital de premier établissement) et, pour l'électricité, la colonne « Réel » représente les résultats d'une année de la Hillside Coal and Iron C°, et la colonne « Estimé », les mêmes résultats avec 200 jours de travail, tels qu'ils existaient dans le devis primitif (avec un intérêt de 3 0/0).

1) Les chiffres qui suivent sont tirés d'une communication de M. W. L. Saunders à l'American Institute of Mining Engineers (Albany Meeting, February 03), et dus à M. E. P. Lord (H. K. Porter C°, Pittsburg, Pa).

	Traction pneumatique.	Traction électrique.	
	Réel.	Estimé.	Réel.
	—	—	—
Jours de travail par an	160	200	141 1/4
Extraction par jour. tonnes anglaises.	2 362 1/2	989	989
Prix de revient par jour :			
Mécanicien des machines fixes. Dollars.	1,16	1,20	2,84
Mécanicion des locomotives . .	4,20	4,23	9,31
Freineurs	3,20	3,20	3,61
Électricien.	»	1,67	3,68
Réparations aux locomotives. .	0,74	5,95	8,42
Réparations à la ligne.	»	»	0,46
Réparations aux machines fixes.	0,57	»	0,61
Pompier.	»	»	2,50
Dépréciation à 5 0/0	4,74	5,20	8,17
Intérêt d'argent.	4,73	»	4,41
Intérêt, réparations et dépréciation d'une chaudière 174 ch. . .	1,63	»	»
Graissage des locomotives. . .	0,25	0,22	0,35
Graissage des machines fixes. .	0,47	»	0,74
Combustible	2,32	»	»
TOTAL. . . . . . $	24,01	21,67	45,10
Prix de revient par tonne . . $	0,01015	0,021192	0,04561

On remarquera que le combustible, qui n'est pas compté à la traction électrique, qui était mue par l'eau, n'est qu'une fraction très faible (moins de 1/10) du prix de revient total. D'autre part, on voit que les gros facteurs de dépense pour l'électricité sont les réparations et l'amortissement d'un matériel plus cher.

Dans les exemples ci-dessus, il est bien difficile d'équilibrer toutes les données pour avoir une comparaison complète : on peut cependant se rendre compte que la réputation de cherté de l'air comprimé n'est pas justifiée, et qu'il la rachète par d'autres qualités spécialement intéressantes pour une mine,

comme nous l'avons dit au début : la robustesse et la simplicité du fonctionnement, sans compter l'absence de tout danger qui le rend tout indiqué pour les houillères.

Nous serons heureux si nous pouvons attirer l'attention de nos Ingénieurs de charbonnages sur un organe qui est maintenant entré dans la pratique, et dont ils pourront, mieux que nous-mêmes, voir les avantages dans les cas particuliers qu'ils ont à considérer.

LES TURBINES A VAPEUR[1]

PAR

M. G. HART

PREMIÈRE PARTIE

Considérations générales, description et classification des turbines. Théorie sommaire.

DÉVELOPPEMENT RÉCENT DES TURBINES A VAPEUR.

A peine connues il y a quelques années, les turbines à vapeur, dont le fonctionnement est analogue à celui des turbines hydrauliques, se répandent de plus en plus dans l'industrie.

Elles semblent, jusqu'à présent, être réservées à certaines applications spéciales comportant grande vitesse de rotation, régularité de marche, commande directe des appareils à conduire, leur construction se prêtant généralement peu à la commande latérale, et aussi consommation modérée de vapeur.

Bien que limité, leur emploi présente dans certains cas, notamment pour la commande des dynamos ou la propulsion des navires, des avantages si marqués, qu'aujourd'hui la puissance des turbines à vapeur utilisée industriellement dépasse 1 million de chevaux.

Le tableau ci-joint, n° 1, donne approximativement la répartition de cette puissance entre les principaux types de turbines.

PRINCIPAUX TYPES DE TURBINES A VAPEUR EMPLOYÉS.

Comme il est naturel, c'est la plus ancienne, c'est-à-dire celle qui a reçu la plus longue consécration de la pratique, la turbine Parsons, qui est la plus employée jusqu'ici. Le premier appareil de ce type date de 1884, mais la turbine Parsons ne s'est guère répandue que peu à peu, et ce n'est guère que dans ces dernières années qu'elle est devenue réellement pratique au point

(1) Voir planche n° 73.

Total approximatif de la puissance utilisée industriellement au commencement de 1904 pour chacun des types principaux de turbines à vapeur.

TYPE DE LA TURBINE	PUISSANCE UTILISÉE en SERVICE	en construction ou essais	par genre de SERVICE	TOTALE	PUISSANCE des TURBINES	NATURE DU SERVICE	OBSERVATIONS
	ch	ch	ch	ch	ch		
De Laval	130 000	5 000	135 000	135 000	15 à 300	Services à terre.	(1) Non compris les turbines construites en Amérique par la Société Westinghouse et en Europe par la Société Autrichienne. (2) Non compris les turbines des nouveaux Cunard.
Rateau	4 500	4 800	9 300	14 800	10 à 600	Services à terre.	
	»	5 500	5 500		1 800 à 2 000	Propulsion des navires.	
Parsons.	407 000	50 000	457 000 (1)	607 000	30 à 10 000	Services à terre.	
	65 000	85 000	150 000 (2)		1 800 à 10 000	Propulsion des navires.	
Curtis	»	»	»	290 000	500 à 5 000	»	Ces chiffres sont approximatifs et pour la plupart à la réalité. Il n'a pas été possible de connaître les chiffres exacts sauf la turbine Bréguet à disques de Laval qui est tout à fait récente.
Riedler-Stumpf . .	»	»	»	8 000	2 500 environ	»	
Westinghouse. . .	»	»	»	10 000	»	»	
Zoelly	»	»	»	20 000	»	»	
Schulz	»	»	»	5 000	»	»	
Bréguet à disques de Laval	»	3 000	3 000	5 000	»	Services à terre.	
	»	2 000	2 000			Propulsion des navires.	
				1 094 800			

de vue industriel, grâce à des dispositions très ingénieuses qui, comme l'a fait très justement remarquer M. Rateau, ont grandement contribué à son succès.

Un peu après, en 1889 est apparue la turbine de Laval dont la première installation date de 1892. Cette turbine, de dispositions toutes différentes de celles de la turbine Parsons ne peut guère, par suite de sa grande vitesse de rotation dépasser la puissance de 300 ch, alors qu'on construit actuellement des turbines Parsons développant jusqu'à 10 000 ch.

En 1896 a été construite en France la turbine multicellulaire Rateau, d'un type tout à fait différent, comme on le verra plus loin, de celui de Parsons, puis sont venues les turbines Curtis, Westinghouse, Zoelly, Schulz, Riedler-Stumpf, et enfin la turbine Bréguet à disques de Laval.

Ces diverses turbines ne datant que de quelques années, n'ont naturellement pas encore pris le développement de la turbine Parsons, à laquelle le temps et les perfectionnements qu'il amène, ont assuré un fonctionnement régulier, économique et véritablement industriel. Toutes ont leurs avantages, et il n'est pas douteux que, grâce aux études persévérantes que poursuivent leurs inventeurs, ceux-ci ne marchent également avec succès dans la voie tracée si patiemment et si laborieusement par Parsons.

Causes du développement des turbines a vapeur.

Le développement, si rapide dans ces dernières années, des turbines à vapeur, correspond en effet à un besoin réel de l'industrie, mais il n'a été rendu possible que par les progrès réalisés en thermodynamique, et spécialement dans la connaissance des lois d'écoulement de la vapeur, ainsi que par ceux réalisés en métallurgie par l'apparition des métaux à haute résistance.

Une autre cause a indirectement poussé les esprits dans la voie des recherches sur les turbines, c'est la difficulté de perfectionner économiquement la machine à vapeur sous sa forme actuelle, c'est-à-dire sous la forme d'un moteur à piston dont le mouvement rectiligne alternatif doit être transformé en mouvement de rotation pour être utilisé industriellement.

Malgré les améliorations économiques qu'a apportées à son fonctionnement l'emploi de la condensation, des pressions de plus en plus grandes, de la détente en cascade dans des cylindres multiples, de l'enveloppe de vapeur, des vitesses de rotation de

plus en plus considérables, et enfin de la surchauffe, la machine à vapeur présente de nombreuses pertes mécaniques et pertes de chaleur qui font que son utilisation est toujours relativement faible.

Pertes organiques dans la machine a vapeur.

Les résistances passives sont toujours assez grandes dans la machine à vapeur par suite de l'intervention des forces d'inertie dues aux variations de vitesse des pièces en mouvement et aussi au changement du sens de marche périodique de ces pièces.

Les pertes organiques, mesurées par la différence entre le travail recueilli sur l'arbre et celui développé par la vapeur dans le cylindre, c'est-à-dire entre le travail effectif et le travail indiqué, ne s'abaisse guère, en marche industrielle au-dessous de 15 0/0 si la machine est bien réglée et en bon état d'entretien; ce chiffre peut être largement dépassé et même dans certains cas atteindre près de 30 0/0 pour peu que l'appareil ne soit pas en bon état.

Les résistances passives dues au nombre et à l'importance des pièces, surtout si elles sont douées de mouvements alternatifs, sont considérables si la vitesse de rotation est un peu grande et la machine puissante. Les résistances dues au frottement de la vapeur dans des passages de section relativement faible ne sont pas non plus négligeables, surtout si la vitesse de rotation est un peu élevée.

L'amélioration du rendement organique de la machine alternative semble d'autre part assez difficile à réaliser, car si la résistance causée par chaque pièce en mouvement a diminué par suite d'une meilleure construction et d'un montage plus soigné, la résistance totale de la machine n'a pas dû varier sensiblement par suite de l'accroissement du nombre des pièces en mouvement. L'augmentation du nombre de cylindres, si avantageuse au point de vue thermique, a eu pour conséquence d'augmenter très sensiblement le nombre des pièces en mouvement, et si on remarque combien sont délicats les dispositifs employés actuellement, on s'aperçoit qu'un déréglage, même léger, de ces dispositifs peut être une cause d'une augmentation très sensible de la résistance totale.

Une amélioration économique appréciable du rendement organique de la machine à vapeur paraît donc bien aléatoire.

PERTES ORGANIQUES DANS LA TURBINE A VAPEUR.

Dans la turbine à vapeur, les résistances sont loin d'être aussi considérables étant données l'absence de forces d'inertie, autres que la force centrifuge, et la continuité du mouvement des pièces toujours dans le même sens.

Si on considère par exemple le frottement des pièces, si important dans la machine alternative, on constate que dans la turbine il est réduit à celui de l'arbre sur ses coussinets. Or celui-ci, dans les bons types de turbines, avec l'emploi du graissage sous pression, qui en réalité fait tourner les pièces en mouvement sur une couche d'huile, est réduit au minimum.

A la vérité, le frottement de la vapeur dans les aubages de la turbine est relativement important par suite de la vitesse d'écoulement du fluide; mais le choix judicieux de la forme des aubes, le calcul des sections de passage de la vapeur d'après le volume croissant qu'elle prend en se détendant, peuvent le réduire dans une forte mesure. L'emploi de la vapeur surchauffée, qui peut, dans la turbine, être poussé avantageusement plus loin que dans la machine alternative, peut encore contribuer à réduire ce frottement, la vapeur surchauffée se comportant plutôt comme un gaz que comme une vapeur.

Comme celles de la machine alternative, les résistances de la turbine varient avec le travail développé, mais elles sont moindres pour la charge et la demi charge.

On ne possède encore que peu de chiffres de résistance, mais on peut déduire d'essais exécutés sur une machine Parsons commandant une dynamo de 1 000 kilowatts que les coefficients de perte totale ne sont guère que de 11 0/0 pour la pleine charge, 12 0/0 à demi-charge et 15 à 18 0/0 à quart de charge.

Comme ces évaluations sont basées sur la marche à vide de la turbine, on peut en conclure que jusqu'à demi-charge tout au moins le rendement organique de celle-ci est supérieur à celui de la machine alternative, mais qu'il paraît décroître ensuite plus rapidement que pour cette machine.

Il faut d'ailleurs noter que, par suite de la faiblesse de l'usure, qui, dans la machine alternative, peut accroître fortement la résistance, le rendement organique de la turbine paraît d'autant plus fixe, qu'il y a moins de causes de déréglage.

PERTES THERMIQUES DANS LA MACHINE A VAPEUR.

Au point de vue thermique, la turbine à vapeur est certainement dans des conditions beaucoup plus satisfaisantes que la machine alternative.

Pour celle-ci, le rendement du cycle est toujours très faible par suite des ruptures de cycles qui sont la conséquence des condensations et revaporisations successives, et aussi des dispositions mécaniques de la machine dues au mode d'action de la vapeur. En fait, les pertes thermiques n'ont pas seulement pour cause, ainsi que l'a démontré M. Lelong (1) dans un très intéressant travail, l'action proprement dite des parois, mais aussi les ruptures de cycle causées par les dispositions mécaniques de la machine.

Il résulte du dépouillement d'un certain nombre de diagrammes d'indicateur et de diagrammes entropiques correspondants, que la comparaison de la consommation réelle à la consommation théorique de machines exécutées montre une perte totale variant de 28 à 48,5 0/0 avec une moyenne ee 33,5 0/0.

Sur cette perte globale les pertes dues aux effets proprement dits de l'action des parois ne dépassent pas 13 0/0, tandis que les pertes dues aux effets mécaniques atteignent 87 0/0.

Les pertes dues à l'action des parois sont en effet très atténuées dans les machines à expansion multiple en raison de la réduction de l'écart entre les températures extrêmes pour chaque cylindre. Elles ne sont réellement importantes que pour le cylindre à basse pression dans lequel la vapeur est plus humide et à plus basse pression, et où l'écart de température entre la paroi qui vient d'être en communication avec le condenseur, et la vapeur qui afflue est plus considérable.

Ce sont en effet là, comme l'a montré Bryan Donkin, des conditions très défavorables, puisqu'avec une différence de température de 33 degrés entre la température de la paroi et celle de la vapeur, il a été trouvé des gouttelettes de rosée de condensation ayant jusqu'à 3 millimètres d'épaisseur, alors qu'à égalité de température la rosée n'avait pas plus de 1/4 de millimètre d'épaisseur. Cette constatation explique le rôle de la surchauffe

(1) Application du diagramme entropique à l'étude du fonctionnement économique des machines à vapeur à expansion multiple par M. Lelong, Ingénieur principal de la Marine. *Bulletin de l'Association Technique Maritime.* (année 1899, page 107).

quand les enveloppes ne peuvent être généralisées. D'autre part, la faible importance des pertes dues à l'action proprement dite des parois explique pourquoi l'enveloppe de vapeur paraît avoir un effet d'autant plus faible que la cascade de détente est plus fractionnée et que par suite son installation est plus compliquée.

Parmi les pertes de chaleur dues aux effets mécaniques, celle correspondant à l'échappement au condenseur est la plus considérable. Elle atteint à elle seule 60 à 65 0/0 du total des pertes et 70 à 75 0/0 des pertes dues aux effets mécaniques. Elle est surtout la conséquence de la détente incomplète au cylindre à basse pression, des ruptures de cycle résultant de l'insuffisance d'ouverture des lumières et de la section de passage des conduites de vapeur.

Pour y remédier efficacement, il faudrait modifier profondément la distribution et donner de telles dimensions aux conduits de vapeur que le remède est impraticable. C'est ce qui explique pourquoi il y a derrière le piston, même avec un bon vide au condenseur une contre-pression très notable, de sorte que la machine alternative ne profite pas, en réalité de la totalité du vide réalisé au condenseur.

Sans doute, les pertes thermiques dues à l'action des parois peuvent être atténuées par un accroissement de vitesse de rotation, mais on risque alors d'exagérer les pertes de chaleur dues aux dispositions mécaniques de la machine, et de n'avoir qu'un gain médiocre. C'est ce que paraissent avoir démontré les expériences de Willans qui, en quadruplant la vitesse de rotation d'une machine, n'a obtenu qu'un gain de 24,4 0/0.

On voit par ce résumé la difficulté de parer aux pertes de chaleur dans la machine alternative du fait même des dispositions mécaniques et du mode d'action de la vapeur.

Pertes thermiques dans la turbine a vapeur.

Pour la turbine à vapeur, la situation est toute différente. L'écoulement régulier du fluide toujours dans le même sens, en laissant à température constante chaque point de l'appareil, supprime les condensations et revaporisations successives, toutes les ruptures de cycle qui en sont la conséquence, et du même coup toutes les pertes thermiques dues à l'action des parois, d'autre part l'admission étant constante et non périodique

comme dans la machine alternative, toutes les pertes de chaleur dues aux dispositions mécaniques sont également écartées.

En somme, il n'y a pas d'échanges de chaleur appréciables entre les parois et la vapeur avec laquelle elles sont en contact. Sans doute, il y a toujours des transformations d'énergie cinétique en chaleur ou réciproquement, mais elles sont limitées et, de plus, n'ont lieu que sans production de travail extérieur. La différence entre l'énergie initiale du poids de fluide évoluant dans l'appareil et du travail effectif fourni par la vapeur est par suite égale à chaque instant à l'énergie totale du fluide.

Les chocs, frottements, remous de la vapeur sur les aubages, difficiles à éviter, bien qu'un tracé convenable puisse les réduire d'une manière sensible, tout en correspondant à des transformations d'énergie cinétique en chaleur ou vice versa ne modifient en rien la valeur de l'énergie totale du fluide en un point quelconque de l'appareil.

Si on connait par des expériences préjudicielles, expériences difficiles à exécuter, le rendement de l'aubage, ainsi que l'état initial de la vapeur, il est donc possible de tracer à peu près exactement et en tout cas, beaucoup plus exactement que pour la machine à vapeur, le cycle réellement parcouru, et le déterminer par suite, avec une grande approximation la consommation probable de vapeur. Pratiquement, il ne parait pas possible d'aller aussi loin, le rendement de l'aubage dans les conditions mêmes de fonctionnement étant difficile à déterminer; mais même dans ces conditions, le cycle de la vapeur évoluant dans une turbine peut-être tracé avec une approximation suffisante pour les besoins de la pratique.

La seule perte thermique à laquelle on ne puisse parer dans la turbine à vapeur est celle due à l'absence de compression du fluide après son action dans la turbine. Celui-ci s'écoule au condenseur emportant une certaine quantité de chaleur, quantité d'ailleurs assez faible, la détente étant poussée fort loin dans les bonnes turbines à roues multiples, et la température de la vapeur étant alors très voisine de celle du condenseur.

La persistance de cette perte explique pourquoi le degré de vide a sur le rendement de la turbine à vapeur une influence considérable, et beaucoup plus sensible que pour la machine alternative. D'ailleurs, la disposition de l'appareil lui-même contribue également à rendre important pour le rendement le degré de vide obtenu au condenseur, la vapeur s'échappant de

la turbine par de larges sections de passages au lieu d'avoir à traverser des étranglements comme ceux occasionnés par le fonctionnement des distributeurs de la machine alternative.

La surchauffe de la vapeur a aussi plus d'action dans la turbine que dans la machine alternative, parce que la perte d'énergie cinétique dépensée en chocs, frottements, remous, se transformant en chaleur communiquée à la vapeur est susceptible, avant l'écoulement au condenseur d'être transformée à nouveau en travail, et cela d'autant plus complètement que la transformation de l'énergie cinétique en chaleur se sera faite à température plus élevée, c'est-à-dire plus près de l'admission dans la turbine. C'est pourquoi l'emploi de la surchauffe produit dans la turbine à vapeur une économie plus considérable que dans la machine alternative. De plus, la vapeur surchauffée se comportant bien plutôt comme un gaz que comme une vapeur, il y a aussi réduction appréciable du frottement de la vapeur sur les aubages.

Conclusions du parallèle entre la machine alternative et la turbine a vapeur.

Il résulte de ce parallèle sommaire entre la machine alternative et la turbine à vapeur que celle-ci se trouve certainement dans des conditions thermiques et mécaniques plus avantageuses. Elles n'ont pas encore produit aujourd'hui toutes leurs conséquences, mais il n'est pas douteux, étant donnés l'énorme progrès réalisé depuis quelques années, et la persévérance avec laquelle on étudie la question de tous côtés, que très prochainement, je crois, on n'arrive à perfectionner encore la turbine à vapeur et à l'amener à une économie de fonctionnement qu'il serait bien difficile d'atteindre avec la machine alternative.

Avantages de la turbine a vapeur.

Quoi qu'il en soit, on peut dès aujourd'hui réclamer pour la turbine les avantages suivants :

1° Réduction du poids et de l'encombrement des appareils moteurs;

2° Réduction ou mieux suppression de l'action des parois, ainsi que des condensations et revaporisations successives, les

différentes parties du moteur restant à température constante par suite de l'écoulement régulier de la vapeur toujours dans le même sens;

3° Réduction des pertes de travail dues au frottement, le seul frottement existant, à part celui très faible de l'arbre dans ses coussinets ou plutôt sur une couche d'huile sous pression, étant celui de la vapeur sur les aubages qui peut être réduit par une bonne forme de ceux-ci; encore faut-il remarquer que le frottement, s'il est une perte au point de vue mécanique, est jusqu'à un certain point avantageux au point de vue thermique en amenant la transformation d'une certaine énergie cinétique en chaleur, et en jouant pour ainsi dire le rôle de réchauffeur;

4° Régularité de la vitesse de rotation, le réglage de la turbine se faisant très rapidement avec les régulateurs dont on dispose maintenant, et la vitesse de rotation étant toujours élevée;

5° Possibilité de l'emploi d'une surchauffe plus élevée qu'avec les machines alternatives par suite de l'absence de graissage à l'intérieur de la turbine, et plus grande économie produite par l'emploi de cette surchauffe;

6° Absence de matière grasse à l'intérieur de la turbine et, par suite, dans l'eau de condensation, avantage très précieux pour les chaudières, surtout pour les multitubulaires;

7° Écoulement régulier de la vapeur, qui facilite la chauffe, donne plus de régularité à la pression de régime et réduit dans une large mesure les chances d'entraînements d'eau;

8° Facilité de la conduite des moteurs, dont toutes les parties mobiles sont enfermées dans des enveloppes et soustraites aux chances d'une avarie, qui ne peut être que le résultat d'un corps entraîné par la vapeur dans la turbine;

9° Réduction des frais de conduite, d'entretien et de réparation, la turbine n'exigeant qu'un personnel réduit pour sa conduite, l'usure étant très faible par suite de la pression réduite supportée par les parties mobiles et les visites très faciles même pour l'intérieur de la turbine, dont l'enveloppe supérieure peut facilement se soulever.

A ces avantages attachés au moteur lui-même viennent s'ajouter, dans le cas de la propulsion des navires, d'autres avantages en ce qui concerne l'installation des propulseurs, tels que réduction du diamètre et du pas des hélices, meilleure utilisa-

tion de celles-ci, facilité d'installation et meilleure protection des propulseurs, réduction des chances d'émersion et des chances d'emballement, réduction du poids des propulseurs et de leurs arbres.

Dans le cas de la conduite de dynamos, le réglage de la marche de la turbine suivant la charge est très rapide, et les variations de vitesse excessivement faibles.

Inconvénients de la turbine a vapeur.

Par contre, on peut reprocher à la turbine le manque d'élasticité de son fonctionnement économique, sa grande vitesse de rotation, vitesse aujourd'hui bien diminuée tout au moins pour les grandes puissances, sa non-réversibilité de marche, à moins d'avoir une turbine spéciale de marche arrière, la lenteur de l'arrêt et de mise en vitesse de régime due à la grande vitesse de rotation des appareils.

Tous ces inconvénients sont fondés dans une certaine mesure mais depuis quelques années la plupart ont été très atténués par des dispositions appropriées.

Le principal, le manque d'élasticité de fonctionnement économique exact pour des vitesses variables est beaucoup moins prononcé pour les variations de charge à vitesse constante. Dans ce dernier cas, la consommation de vapeur varie fort peu. Cet inconvénient a, d'ailleurs, dans le cas des vitesses variables, été écarté par une solution très élégante dont il sera ultérieurement question, c'est-à-dire par la substitution à un système de turbines donné, d'un système moins puissant par l'adjonction de turbines de faibles dimensions.

En somme, depuis quelques années, les progrès ont été si rapides, les dispositions trouvées pour remédier aux inconvénients des turbines ont été si ingénieuses et si nombreuses, qu'il est permis d'espérer pour elles une extension industrielle de plus en plus considérable.

La réduction de consommation obtenue dans les dernières installations, ainsi que celle de la vitesse de rotation avec un rendement satisfaisant, ne peuvent que contribuer à augmenter la faveur avec laquelle est aujourd'hui accueillie la turbine.

Composition élémentaire d'une turbine.

Composition élémentaire d'une turbine. — La turbine à vapeur se compose essentiellement d'une ou plusieurs roues mobiles calées sur un axe, à la périphérie ou sur les faces desquelles sont disposées des aubes de forme appropriée sur lesquelles vient agir un courant de vapeur, convenablement dirigé, qui en amène la rotation.

Classification d'après le nombre des roues mobiles.

On peut distinguer les turbines d'après le nombre des roues mobiles employées.

Turbines simples. — Elles sont dites simples si la vapeur ne passe que sur les aubes d'une seule roue mobile.

Turbines multiples ou compound. — Elles sont dites multiples quand, au contraire, le courant de vapeur passe successivement sur un certain nombre de roues mobiles.

Jusqu'ici la turbine simple, toujours douée d'une vitesse de rotation considérable, est réservée aux installations de puissance modérée, en raison des appareils réducteurs de vitesse que nécessite son emploi.

Les turbines multiples, qu'on appelle aussi compound, dont la vitesse de rotation peut être fortement réduite par des dispositions appropriées, conviennent aux installations puissantes et de vitesse de rotation modérée.

Classification des turbines a vapeur d'après le mode d'action de la vapeur.

Les turbines peuvent aussi être divisées en deux groupes principaux d'après le mode d'action de la vapeur sur les aubes des roues mobiles; les turbines à action directe et les turbines à réaction.

Turbines à action. — Les turbines à action sont celles dans lesquelles le travail recueilli sur l'arbre est dû tout entier à la force vive du fluide.

Turbines à réaction. — Les turbines à réaction sont, au contraire, celles dans lesquelles on utilise à la fois la pression de la vapeur et sa détente dans la roue mobile elle-même.

Turbines mixtes. — En réalité, la classification ne peut être aussi tranchée et pratiquement toutes les turbines participent à la fois des deux types théoriques, tout en se rapprochant plus de l'un que de l'autre. Ce sont des turbines qui utilisent tour à tour la force vive de la vapeur, sa pression et sa détente.

Il est en effet, bien difficile sinon impossible, de séparer nettement dans une turbine les différents modes d'action de la vapeur. Dans tout courant créé par l'écoulement d'une certaine quantité de vapeur, la pression se transforme, tout au moins temporairement, suivant la section et le profil des canaux où le fluide est obligé de passer, en force vive ou vice versa.

Cependant, pour la clarté des définitions, on a laissé substituer la classification théorique en prenant la caractéristique de chaque turbine pour la ranger dans l'une ou l'autre classe.

Classification des turbines d'après le sens d'écoulement de la vapeur.

Outre leur classification d'après le mode d'action de la vapeur, les turbines peuvent encore être distinguées d'après le sens d'écoulement de la vapeur.

Turbines axiales. — Elles sont dites axiales ou parallèles, quand l'écoulement de la vapeur est sensiblement parallèle à leur axe de rotation.

Turbines radiales centrifuges. — Elles sont dites radiales centrifuges quand l'écoulement se fait perpendiculairement à l'axe et du centre à la périphérie.

Turbines radiales centripètes. — Elles sont dites radiales centripètes quand l'écoulement se fait perpendiculairement à l'axe, mais de la périphérie au centre.

Classification d'après le mode d'admission.

Enfin il est encore une autre manière de les distinguer, c'est par le mode d'admission de la vapeur.

Turbines à admission totale. — Si la vapeur est admise sur toute la périphérie des roues, les turbines sont dites à admission totale.

Turbines à admission partielle. — Elles sont dites à admission

partielle si, par suite de leur construction ou de l'emploi d'un dispositif réglable, l'admission de la vapeur ne peut avoir lieu que sur une partie de la périphérie.

COMPARAISON DES TURBINES A ACTION ET A RÉACTION.

Chacune des grandes classes de turbines à action et à réaction présente des avantages et des inconvénients qu'une expérience prolongée peut seule mettre en lumière.

Théoriquement, les turbines à action peuvent revendiquer les avantages suivants :

Absence de poussée latérale. — La roue tournant dans un milieu de pression uniforme, puisque la détente de la vapeur s'opère tout entière dans le distributeur avant l'admission sur la roue mobile.

Indifférence des jeux. — L'uniformité de pression faisant que les filets de vapeur ne tendent pas à fuir du côté de la moindre pression.

Diminution de l'importance des fuites. — Quels que soient les jeux entre les pièces mobiles et les pièces fixes.

Moindre vitesse de rotation. — La vapeur arrivant toute détendue sur la roue mobile à égalité de pression au distributeur.

Facilité de réglage de l'admission. — La détente se produisant dans le distributeur, ce qui permet de n'admettre que sur une partie de la périphérie de celui-ci.

Rendement meilleur aux différentes admissions. — La quantité de vapeur admise étant toujours proportionnelle au travail à effectuer.

Ces avantages théoriques sont pratiquement en grande partie compensés par une construction plus compliquée et, par suite, moins robuste que celle des turbines à réaction.

Dans celles-ci, la vapeur travaillant à la fois par sa vitesse et sa pression, chaque roue mobile fonctionne, il est vrai, avec des pressions différentes sur ses deux faces, et il y a effectivement une poussée latérale, mais elle est en réalité très faible si la chute de pression correspondant à chaque roue a été convenablement choisie, de sorte que des dispositifs très simples suffisent à la combattre.

D'autre part, si, en principe, les jeux doivent, dans les turbines à réaction, être beaucoup plus faibles que dans les turbines à action, tout au moins pour les roues soumises à de fortes pressions, ils peuvent cependant rester, sans causer de pertes sensibles au rendement, suffisants pour qu'on n'ait à redouter aucun frottement intempestif des parties mobiles sur les parties fixes.

Sans doute, il faut peut-être plus de précision de montage pour les turbines à réaction, mais l'exemple d'appareils existants montre qu'il ne faut pas s'exagérer la difficulté.

Avec les grandes vitesses de rotation dont sont douées les roues, et l'action de la force centrifuge qui en est la conséquence, la faible influence des jeux qui, dans certaines turbines à réaction, atteignent 3 à 4 mm, ne peut guère s'expliquer que de la manière suivante : il doit se former entre le bout des aubes des roues mobiles et l'enveloppe fixe un matelas immobile de vapeur, qui empêche les courants de fuite d'une face de la roue à l'autre, et, d'autre part, comme il n'y a pas de condensations et de vaporisations successives, le matelas une fois formé n'exige pas de nouvelles pertes de vapeur.

C'est en un mot, un effet analogue à celui qui se produit dans les presse-étoupes dits à « labyrinthe » qu'on emploie sur les arbres tournants.

Dans ces presse-étoupes dont la boîte est creusée de cannelures circulaires dans lesquelles s'engagent sans les toucher, des cannelures correspondantes établies sur l'arbre, un simple filet de vapeur entraîné par la force centrifuge suffit pour couper la communication entre deux milieux de pression inégale et établit l'étanchéité sans qu'il y ait contact des pièces en mouvement avec les pièces fixes.

C'est sans doute pour une raison analogue que les jeux existants au bout des ailes dans les turbines à réaction n'ont pas plus d'influence sur le rendement.

La vitesse d'écoulement de la vapeur et celle de rotation des roues peuvent, dans les turbines à réaction, être pratiquement aussi réduites que dans les turbines à action.

L'emploi d'un nombre de roues bien calculées permettant la détente progressive de la vapeur, tout en rendant très faibles les différences de pression sur les deux faces d'une même roue, permet de réduire, dans une forte porportion, la poussée tangentielle et, par suite, la vitesse angulaire, tout en diminuant les chances de fuites.

Quant à l'influence que peut avoir sur le rendement d'une turbine à réaction l'admission partielle, elle n'est pas aussi considérable qu'on le croit, toutes les aubes de la roue motrice passant successivement et très rapidement devant les secteurs d'admission de la couronne directrice. Il se produit bien des pulsations, mais elles sont si peu prononcées et surtout si rapides qu'elles n'ont d'autre effet que d'abaisser le régime de pression de la roue mobile qui reçoit cette admission partielle, en le laissant cependant régulier. Cet abaissement de pression n'a d'autre conséquence que de provoquer une détente plus accentuée dans la roue mobile, et il ne parait pas y avoir, d'après les résultats obtenus sur des turbines fonctionnant dans ces conditions, d'influence défavorable sensible sur le rendement, pas plus que ne paraît en avoir l'admission périodique et non constante quand les périodes de fermeture de l'admission sont très courtes.

La sanction pratique qu'ont aujourd'hui reçue les turbines à réaction a montré que les craintes manifestées au sujet de leur rendement ne se sont pas réalisées et que ces turbines sont aussi économiques que les turbines à action.

Éléments d'une turbine a vapeur.

D'une manière générale, la turbine à vapeur, comme la turbine hydraulique, comprend trois éléments principaux : le distributeur, la roue mobile et le diffuseur.

Distributeur.

Le distributeur, dont le rôle est de régler l'arrivée de la vapeur sur la roue mobile peut affecter des formes excessivement variées.

Il peut être cloisonné comme les roues mobiles elles-mêmes, ou prendre la forme de tuyères coniques de profils divers, réparties en plus ou en moins grand nombre sur la périphérie de la roue mobile.

Dans quelques types de turbines, notamment dans celles à admission partielle, il est relativement compliqué et est muni d'un dispositif de réglage permettant de proportionner l'admission de vapeur au travail à développer, ce qui est certainement désirable. Cependant c'est une complication qu'on cherche

quelquefois à éviter, dût-on perdre un peu sur l'élasticité de l'appareil pour les différentes admissions, ou du moins sur le rendement économique à ces différentes admissions.

Au lieu d'agir sur la quantité de vapeur admise, on agit alors sur la pression de celle-ci. Le moyen est peut-être moins parfait que le réglage par le distributeur, mais il est plus simple, et, employé dans certaines limites, il ne paraît pas avoir d'influence bien fâcheuse sur le rendement.

Dans certaines turbines à réaction, le distributeur est simplement constitué par une couronne d'aubes directrices fixes dirigeant le jet de vapeur sur les aubes mobiles de manière à se rapprocher du maximum d'utilisation tout en répartissant l'admission sur des secteurs déterminés de la périphérie sans qu'on ait remarqué de chute anormale d'utilisation.

Roue mobile.

La roue mobile, qui compose la turbine proprement dite, est formée d'un disque central à la périphérie duquel sont répartis régulièrement ou suivant une loi déterminée des canaux de forme appropriée et limités par des aubes fixées au corps de la roue.

Les aubes mobiles, comme les aubes fixes directrices, peuvent être fixées au corps de roue et au tambour de différentes manières.

Généralement elles sont reliées à ces organes par insertion dans des alvéoles de formes diverses et leurs extrémités libres sont généralement reliées par un dispositif qui leur donne la rigidité nécessaire pour résister à la flexion.

Diffuseur.

Le troisième organe, le diffuseur, n'a pas, dans les turbines à vapeur, l'importance qu'il a souvent dans les turbines hydrauliques. Dans la plupart des cas, il n'existe qu'à l'état rudimentaire, car, dans les turbines à vapeur, surtout dans celles à roues multiples bien proportionnées, il est inutile, la vapeur ne sortant de la dernière roue mobile qu'avec une pression et, par suite, une vitesse d'écoulement très faible, s'il s'agit de turbines échappant au condenseur.

Dans presque toutes les turbines à vapeur, le diffuseur est

simplement constitué par le tuyau d'échappement lui-même, auquel on donne des dimensions suffisantes pour qu'il ne se forme pas de contre-pression nuisible.

Pour des turbines échappant dans des condenseurs, les tuyaux d'arrivée de la vapeur, dans cet appareil, sont sensiblement plus gros que pour les machines alternatives ayant même consommation de vapeur.

Difficulté de la détermination des éléments d'une turbine.

Les éléments principaux dans une turbine à vapeur qui doit utiliser la plus grande partie possible de l'énergie contenue dans la vapeur qui la traverse, sont le diamètre des roues mobiles et le tracé des aubages fixes et mobiles.

Leur détermination n'est pas sans présenter des difficultés, car si l'étude de l'écoulement de la vapeur a été faite en ce qui concerne les tuyères fixes de forme circulaire, elle ne paraît pas encore définitive en ce qui concerne l'écoulement de la vapeur à travers des canaux de formes et de sections variables, surtout si ceux-ci sont doués d'un mouvement de rotation rapide.

Les travaux si intéressants sur l'écoulement de la vapeur à travers des ajutages fixes de sections circulaires ou géométriques dus à des Ingénieurs distingués, parmi lesquels je me bornerai à citer MM. Rateau, Delaporte, Stodola et Mollier, ont bien contribué à donner sur la question des indications précieuses, mais les divergences mêmes qu'on peut, sur certains points, constater entre les résultats qu'ils ont obtenus, montrent qu'on est encore loin de connaître tous les phénomènes auxquels peut donner lieu l'écoulement de la vapeur.

La forme quelconque des canaux, la variation des sections de passage, le rapport de leur section la plus resserrée à leur longueur, l'état de mouvement de ces canaux doivent certainement avoir une influence, encore insuffisamment connue, sur l'écoulement de la vapeur, et les résultats satisfaisants obtenus parfois sur les turbines par des dispositions qui paraissent critiquables, montrent que la pratique joue encore un rôle empirique considérable dans la construction des turbines à vapeur.

Écoulement de la vapeur.

L'écoulement de la vapeur à travers des tuyères, ajutages ou canaux fixes, diffère notablement de l'écoulement des liquides. L'élasticité du fluide et surtout ses variations de densité pendant le parcours, le rapport des pressions avant et après le passage dans la tuyère ont une influence considérable sur l'écoulement de la vapeur.

Les variations de densité rendent assez laborieux les calculs exacts des vitesses d'écoulement en divers points du parcours, aussi se contente-t-on généralement de formules simplifiées et approximatives qui donnent des résultats suffisants pour les besoins de la pratique.

Ils le sont d'autant plus que les phénomènes qui se manifestent dans une turbine en marche paraissent, d'après certaines expériences de M. Stodola, professeur à l'École Polytechnique de Zurich, devoir différer de ceux observés sur les tuyères fixes. Toutefois, ces expériences ne sont pas encore assez nombreuses pour qu'on puisse en tirer des conclusions pratiques et, jusqu'ici, il faut se borner, pour le calcul des turbines à vapeur, à appliquer les lois d'écoulement observées sur les tuyères fixes.

D'ailleurs, chaque constructeur déduit des constructions déjà réalisées des coefficients empiriques destinés à corriger ce que les chiffres théoriques auraient de trop absolu.

Naturellement, ces coefficients sont, généralement peu connus, leur détermination représentant un véritable capital de temps, de travail, d'ingéniosité et de dépenses que chaque maison veut se réserver.

Évaluation de la vitesse d'écoulement.

La vitesse d'écoulement de la vapeur peut s'exprimer à l'aide de diverses formules, les unes exactes, mais d'emploi laborieux pour des calculs répétés, les autres empiriques et approximatives, mais d'une exactitude suffisante pour les besoins de la pratique.

L'expression exacte de la vitesse d'écoulement de la vapeur est, d'après Zeuner, la suivante :

$$V^2 = \frac{2g}{A}\left[x_1 \frac{r_1}{T_1}(T_1 - T_2) + q_1 - q_2 - T_2(\tau_1 - \tau_2) + A\sigma(P_1 - P_2)\right]$$

dans laquelle :

V est la vitesse d'écoulement de la vapeur;

A l'équivalent calorifique du travail $= \frac{1}{425}$;

X_1 le titre initial de la vapeur;

r_1 la chaleur de vaporisation de l'eau à la température T_1;

T_1, T_2 les températures absolues d'amont et d'aval;

P_1, P_2 les pressions correspondant à ces températures;

τ_1, τ_2 les entropies de l'eau correspondant à ces températures;

q_1, q_2 les chaleurs de l'eau correspondant à ces températures;

σ le volume, en mètres cubes du kilogramme d'eau.

Cette formule exacte, est, comme on le voit, assez compliquée et d'emploi trop laborieux pour des calculs répétés un grand nombre de fois. Elle peut être remplacée par la formule ci-dessous, plus simple, mais un peu moins exacte :

$$V^2 = 2g \left[v_0 p_0^{\frac{1}{y}} \frac{y}{y-1} \left(P_1^{\frac{y-1}{y}} - P_2^{\frac{y-1}{y}} \right) \right],$$

dans laquelle v_0 et p_0 sont le volume, en mètres cubes, de 1 kg de vapeur et la pression, en kilogrammes, par mètre carré à zéro et sous la pression de 760 mm de mercure, P_1 et P_2 les pressions d'amont et d'aval et $y = 1{,}135$ pour l'eau.

C'est la formule correspondant à une détente adiabatique, la vapeur restant trop peu de temps dans la tuyère pour qu'il y ait addition ou soustraction de chaleur.

Pour simplifier les calculs, M. Rateau a indiqué la formule empirique suivante, déduite de ses expériences sur l'écoulement de la vapeur :

$$V = 100 \sqrt{\frac{530}{K}},$$

K étant un coefficient égal à $\frac{270\,000}{E}$ et E étant l'énergie totale contenue dans un kilogramme de vapeur saturée et sèche évoluant en détente adiabatique dans une machine parfaite entre les pressions P_1 et P_2.

La valeur de K indiquée par M. Rateau est pour la vapeur saturée et sèche :

$$K = 0{,}85 + \frac{6{,}95 - 0{,}92 \log P_1}{\log P_1 - \log P_2}.$$

Ce coefficient K n'est autre chose que la consommation théorique de vapeur en kilogrammes par cheval-heure, dans

une machine parfaite, c'est-à-dire sans aucune perte. M. Rateau a construit pour la vapeur saturée un abaque donnant K en fonction de P_1 et P_2 sur lequel les lignes d'égale consommation sont des droites convergentes distribuées suivant une loi simple.

Pour la vapeur surchauffée, la valeur de K doit subir une correction, assez faible d'ailleurs, que permet de déterminer facilement une méthode indiquée par M. Lelong, à l'aide d'un graphique donnant très simplement la valeur de K' pour la vapeur surchauffée.

L'abaque de M. Rateau fait ressortir l'intérêt qu'il y a à abaisser la pression d'aval, c'est-à-dire combien il importe pour les turbines qui détendent la vapeur à peu près complètement, d'avoir un excellent vide.

Dans le cas de la vapeur surchauffée, l'expression de la vitesse d'écoulement, donnée par M. Rateau, devient :

$$V = 100 \sqrt{\frac{530}{K'}},$$

dans laquelle :

$$K' = \frac{K}{1 + 0{,}000\,755\,K \left[(T' - T) - T \log \text{hyp} \frac{T'}{T}\right]}.$$

T étant la température de la vapeur saturée ;

T' étant la température de la vapeur surchauffée.

D'autre part, M. Mollier a donné pour K, dans le cas de la vapeur saturée, une expression analogue à celle indiquée par M. Rateau, mais un peu moins exacte.

$$K = \frac{6{,}87 - 0{,}9 \log P_2}{\log P_1 - \log P_2}.$$

Enfin la vitesse d'écoulement de la vapeur peut également s'exprimer en fonction des températures d'amont et d'aval.

Pour la vapeur saturée, l'expression est :

$$V = 92{,}2 \sqrt{T_1 - T_2} \sqrt{\frac{r}{T_1} + \frac{T_1 - T_2}{2\left(\frac{T_1 + T_2}{2}\right)}}.$$

Pour la vapeur surchauffée, on obtiendrait une expression analogue en remplaçant K' par sa valeur dans l'expression :

$$V = 100 \sqrt{\frac{530}{K'}}.$$

Débit en poids, sa variation.

La détermination de la vitesse d'écoulement à l'aide d'une des formules indiquées plus haut, permet d'évaluer le débit en poids d'une tuyère donnée.

Pendant l'écoulement de la vapeur à travers une tuyère, la densité du fluide est variable suivant le point considéré. Elle varie comme la pression, mais comme, d'autre part, la vitesse d'écoulement varie inversement à cette pression, le débit en poids, c'est-à-dire le produit de la vitesse par la densité, croît donc d'abord quand la pression décroît, passe par un maximum, puis décroît avec cette pression.

M. Rateau a conclu de ses expériences, que le maximum de débit correspond pour la vapeur d'eau à un rapport de 0,58 entre les pressions d'aval et d'amont, quelle que soit cette dernière pression.

Par suite, si le rapport des pressions d'entrée et de sortie dans la tuyère est inférieur à 0,58, la tuyère, d'abord convergente, devra être munie, du côté de la sortie du fluide, d'un cône divergent permettant à la vapeur de se détendre jusqu'à ce que le rapport des pressions ait atteint la valeur indiquée plus haut.

Quelle que soit la forme de la tuyère, c'est toujours à la partie la plus resserrée, c'est-à-dire au col, que la pression est égale à 0,58 de la pression d'amont, et, dans cette section, la vitesse d'écoulement du fluide est, comme l'a démontré Hugoniot, la vitesse du son dans le fluide, à l'état où il s'y trouve.

Le débit de vapeur est indépendant de la pression d'aval, si celle-ci est inférieure à 0,58 de la pression d'amont, mais il n'en est plus de même quand elle est, au contraire, supérieure à cette valeur.

Dans le premier cas, le calcul du débit, ne dépendant que de la pression d'amont, est simple. Il est plus compliqué, et même n'est possible que pour des cas bien définis, lorsque le débit dépend à la fois des pressions d'amont et d'aval.

Les deux cas se rencontrent dans l'étude des turbines à vapeur. Dans celles à roues simples, la pression de sortie de la tuyère est toujours inférieure à 0,58 de la pression d'entrée; aussi les tuyères distributrices doivent-elles être munies d'un cône divergent, permettant à la vapeur de se détendre complètement dans la tuyère, et de prendre toute la vitesse qui correspond à la chute de pression.

Dans les turbines à roues multiples, au contraire, la pression de sortie est toujours supérieure à 0,58 de la pression d'amont, les tuyères doivent donc être convergentes.

Comme pour l'expression de la vitesse d'écoulement, il y a, pour l'expression du débit, plusieurs formules, qu'on peut employer suivant les cas et l'approximation qu'on veut avoir.

Calcul du débit quand $p < 0,58\,P$.

Le docteur Grashof a donné comme expression du débit, quand celui-ci ne dépend que de la pression d'amont :

$$I = 15,26\,P^{0,9693}.$$

I étant le débit de vapeur en grammes par seconde et par centimètre carré d'orifice, P la pression d'amont en atmosphères, et le rapport $\frac{p}{P}$ étant égal à 0,58.

En Amérique, Napier a donné l'expression :

$$I = \frac{100}{7}P = 1,43\,P,$$

mais cette formule ne convient guère que pour les pressions voisines de 13 kg par centimètre carré.

D'autre part, M. Parenty a indiqué :

$$\frac{I}{P} = 16,74\,P^{0,0307},$$

mais cette expression donne des débits sensiblement trop forts.

Enfin, M. Rateau a donné comme valeur du débit, pour des pressions d'amont comprises entre 1 et 13 kg par centimètre carré et pour $p < 0,58\,P$, la formule empirique suivante :

$$\frac{I}{P} = 15,42 - \log P = 15,42\,P^{0,977},$$

qui est exacte dans les limites de pressions indiquées. Le débit calculé par cette formule est supérieur à celui donné par la formule de Grashof.

Pour les calculs pratiques de débit, dans le cas d'une tuyère convergente, c'est-à-dire pour $p < 0,58\,P$, M. Rateau recommande l'expression :

$$I = a\,P^{1 - \frac{b}{a}\log c},$$

dans laquelle $a = 15,26$, $b = 0,96$, et c est la base des logarithmes naturels.

En effectuant, cette expression devient :

$$I = 15,26\, P^{0,9725}.$$

Elle est de même forme que celle de Grashof, dont elle ne diffère que par l'exposant.

Calcul du débit quand $p > 0,58\, P$.

Quand p est plus grand que 0,58 P, le calcul du débit présente d'assez grandes difficultés, car il dépend à la fois de p et de P. Ce calcul ne peut guère être basé que sur des expériences directes, car il n'existe pas d'expression simple du débit dans ce cas.

M. Rateau, se basant sur ses expériences propres, a proposé, pour avoir tout au moins une indication de la valeur de ce débit, de comparer, pour diverses valeurs du rapport $\frac{p}{P}$, le débit réel observé dans des expériences au débit maximum, calculé par la formule :

$$I = P\,(15,26 - 0,96 \log P).$$

Le rapport de ces deux débits ne dépend guère, en effet, que du rapport $\frac{p}{P}$, mais on ne possède, jusqu'ici, qu'un nombre trop limité de résultats d'expériences, pour qu'il soit possible d'en déduire une expression empirique permettant de calculer, tout au moins approximativement, le débit, dans le cas où $p > 0,58\, P$.

Il faudrait donc, si on voulait faire ce calcul, entreprendre, pour chaque cas bien défini, des expériences toujours délicates, longues et coûteuses. C'est un point de l'étude de l'écoulement de la vapeur qui demanderait à être repris.

Calcul graphique de la section extrême d'une tuyère convergente-divergente.

Pour simplifier les calculs, dans le cas où il s'agit d'une tuyère convergente-divergente, c'est-à-dire quand $p < 0,58\, P$, M. Rateau a établi une courbe qui permet de déterminer rapidement la section extrême de la tuyère.

L'emploi en est simple, puisqu'il donne immédiatement, pour une valeur donnée de $\frac{p}{P}$, le rayon final de la tuyère, le rayon au col, c'est-à-dire dans la partie la plus resserrée, étant donnée l'ordonnée minima de la courbe.

Celle-ci varie bien un peu avec la pression d'amont, mais l'indication qu'elle donne est suffisante pour la pratique, quelle que soit la pression d'amont, bien qu'elle ait été construite avec P = 10 kg par centimètre carré.

M. Delaporte a fait également des recherches sur les formes convenables à donner aux tuyères dans les différents cas, en faisant intervenir certaines considérations de construction de ces appareils, et, sur certains points, ses travaux présentent des divergences avec ceux de M. Rateau.

Ces divergences n'ont rien qui doive étonner, car les expériences à exécuter sont si délicates, elles demandent tant de soins, qu'il est bien difficile d'apprécier exactement le rendement des tuyères. Trop de circonstances extérieures peuvent influer sur ce rendement pour qu'on puisse arriver à en calculer exactement la valeur, sinon dans des conditions absolument déterminées.

M. Stodola a fait également des recherches sur l'écoulement de la vapeur à travers les tuyères, mais les résultats qu'il a obtenus sont trop peu nombreux pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions fermes.

Il a essayé, après ses recherches sur l'écoulement de la vapeur à travers des tuyères fixes de sections géométriques, de se rendre compte de l'influence de la forme des canaux sur la résistance au mouvement de la vapeur dans l'aubage d'une roue, ou plutôt d'une portion de roue en mouvement.

Les variations de sections dues à l'épaisseur des aubes fixes d'amenée de la vapeur sur la roue mobile ont, en effet, une certaine influence sur l'écoulement de la vapeur.

Variation de la résistance au mouvement de la vapeur opposée par les aubes.

Dans ses expériences, il a pu constater que la composante tangentielle de la réaction totale de la vapeur, c'est-à-dire celle qui tend à provoquer le mouvement de la roue, croît rapidement avec la différence des pressions existant devant les aubes direc-

trices et derrière les aubes motrices, tandis que la composante suivant l'axe de la rotation diminue, au contraire, quand cette différence augmente, et devient même, dans certains cas, négative pour de faibles différences de pression, malgré le frottement de la vapeur sur les aubes, et cela d'autant plus que les pressions sont plus considérables.

Dans un cas, il a même obtenu, avec une faible différence des pressions, et malgré un jeu de 4,5 mm entre les aubes directrices et les aubes motrices, une poussée axiale nettement négative.

Il y a certainement là des indications nouvelles, qui tendraient à montrer que ni la poussée axiale ni le jeu n'ont, dans certains cas, l'importance qu'on leur attribue.

En résumé, bien des phénomènes de l'écoulement de la vapeur à travers des tuyères ou canaux de forme quelconque nous sont encore inconnus. Nous ignorons notamment si l'état du fluide est le même dans toute la section d'écoulement. La photographie semble montrer qu'il n'en est pas ainsi, mais les variations de pression qu'elle peut faire prévoir dans le courant fluide échappent encore au calcul et, pour le moment, on ne peut appliquer que les formules indiquées plus haut.

Il est d'ailleurs très probable que, pour l'application des lois d'écoulement de la vapeur à travers des tuyères fixes de section circulaire au calcul de l'écoulement à travers des canaux de forme quelconque, surtout s'ils sont doués d'un mouvement rapide, comme les aubages des roues de turbines, il y a lieu de faire intervenir des coefficients encore indéterminés, dépendant à la fois de la forme des canaux, de leur section, de leur longueur, de la rapidité du mouvement de rotation, etc., etc.

C'est ce qui explique pourquoi, jusqu'ici, la pratique semble encore jouer un rôle considérable dans la construction des turbines à vapeur, et pourquoi une modification, quelquefois insignifiante en apparence, dans le tracé des aubes amène, au contraire, des changements sensibles dans le fonctionnement économique des appareils.

Détermination de la forme des aubes.

La détermination du tracé des aubes motrices et des ailettes directrices, s'il en existe, est en effet un des points délicats de l'étude des turbines à vapeur.

Le plus souvent, on est conduit à recourir à des expériences pratiques pour s'assurer que le tracé réalisé est convenable; cependant, il est certaines observations qui peuvent faciliter l'établissement de ce tracé.

Celui-ci dépend à la fois de la vitesse d'écoulement du fluide qu'on veut réaliser dans les aubages, et de la vitesse propre de ces derniers, c'est-à-dire de la vitesse de rotation de la roue mobile.

Il s'ensuit que, dans l'étude des aubages des turbines, il y a lieu de tenir compte de deux genres de vitesses sensiblement différentes, des vitesses absolues, c'est-à-dire les vitesses des parties mobiles de l'appareil ou des fluides qui y circulent, par rapport aux parties fixes, et les vitesses relatives, aux vitesses des parties mobiles ou des fluides, les uns par rapport aux autres.

Vitesses absolues, vitesses relatives. Angles d'entrée et de sortie.

Si nous considérons, par exemple, la vapeur arrivant par une tuyère ou un canal A, dans l'aubage d'une roue mobile avec une vitesse absolue V_1 à la sortie de ce canal, et si W est la vitesse tangentielle de l'aubage de la roue mobile, V_1' représente en grandeur et en direction la vitesse relative de la vapeur par rapport à l'aubage, c'est-à-dire la vitesse qu'aurait le fluide si $W = 0$.

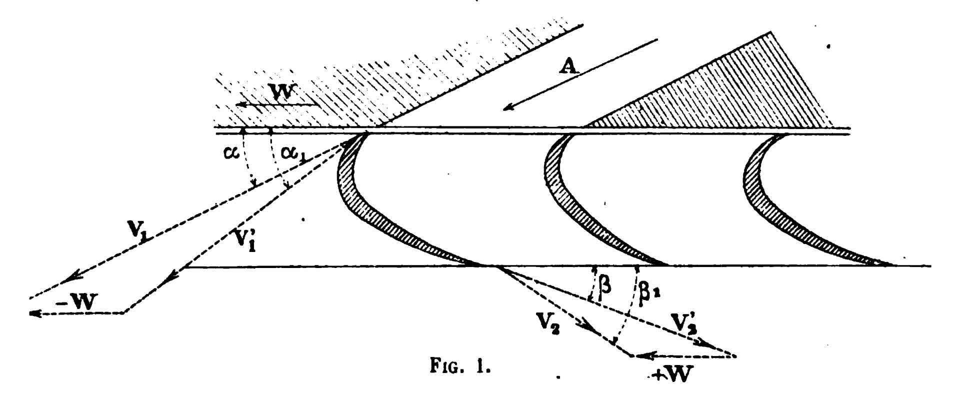


Fig. 1.

Il s'ensuit que l'angle α de sortie du jet de vapeur du canal A n'est pas exactement l'angle d'entrée de la vapeur dans l'aubage, qui, en réalité, est α_1. Ces deux angles, qu'on pourrait appeler : le premier, l'angle absolu de sortie du distributeur, et l'autre,

l'angle relatif d'entrée au récepteur, doivent être aussi peu différents que possible pour éviter les chocs et remous à l'entrée de la vapeur dans l'aubage, c'est-à-dire qu'il faut que la vitesse W soit aussi petite que possible par rapport à la vitesse V_1.

De même à la sortie, la vitesse relative est V'_2 qui, par suite du frottement de la vapeur sur les aubes, est toujours plus petite que V'_1, et la vitesse absolue de sortie, ou vitesse restante, est V_2. Comme pour les angles d'entrée α et α_1, l'angle de sortie absolu de l'aube mobile β et l'angle relatif de sortie β_1 doivent être aussi peu différents que possible.

Pendant le parcours de la vapeur dans l'aubage, la vitesse absolue varie en chaque point de l'aube, puisqu'elle dépend à la fois de la vitesse tangentielle W et de la direction de la vitesse relative, variable avec la direction de l'élément considéré de l'aube, mais ces variations n'ont pas d'importance pratique, tant que le fluide parcourt le canal formé par deux aubes consécutives.

Seules, les variations de la vitesse absolue à l'entrée de l'aubage et à sa sortie sont importantes, puisque l'énergie cinétique est, abstraction faite du frottement, proportionnelle à $V_1^2 - V_2^2$, et l'utilisation à $\frac{V_1^2 - V_2^2}{V_1^2}$.

Les angles d'entrée et de sortie sont donc les seuls intéressants à considérer, à condition que le tracé de la courbe de l'aube soit tel qu'il n'y ait pas de variation dans la valeur du frottement.

Pour que la courbe soit bonne, il suffit évidemment que sa tangente, en chaque point, soit parallèle à la direction de la vitesse relative du fluide en ce point.

Relations entre les vitesses du fluide, la vitesse tangentielle et les angles d'entrée et de sortie.

Au point de vue pratique, il y a intérêt à ce que la vitesse absolue V_2, de sortie de l'aube, soit aussi réduite que possible, mais cette vitesse dépend à la fois de la vitesse tangentielle W et de la valeur des angles d'entrée et de sortie α et β.

Si OA représente en grandeur et en direction la vitesse absolue du fluide V_1, BA la vitesse tangentielle W des aubes, la vitesse relative d'entrée V'_1 sera représentée par OB, et l'angle d'entrée α par OBF.

Si d'autre part, l'angle FBC représente l'angle de sortie β, si BC représente V_1^2 en grandeur et en direction, on aura, en faisant abstraction du frottement, c'est-à-dire en supposant $V_1^1 = V_2^1$ et $OB = BC = AD$,

$$\overline{BD}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{AD}^2 - 2\,AB \times AE,$$
$$\overline{BD}^2 = \overline{AB}^2 + \overline{OB}^2 - 2\,AB \times AE,$$
$$\overline{BD}^2 = \overline{AO}^2 - 2\,AB \times BF - 2\,AB \times AE,$$
$$\overline{BD}^2 = \overline{AO}^2 - 2\,AB\,(BF + AE),$$
$$\overline{BD}^2 = \overline{AO}^2 - 2\,AB\,(OB \cos\alpha + AD \cos\beta),$$
$$\overline{BD}^2 = \overline{AO}^2 - 2\,AB \times OB\,(\cos\alpha + \cos\beta),$$
$$\overline{V_2}^2 = \overline{BD}^2 = V_1^2 - 2\,W \times V_1^1\,(\cos\alpha + \cos\beta).$$

C'est-à-dire que, si V_1 et W sont données, V_2 dépendra de la valeur de $(\cos\alpha + \cos\beta)$, et sera d'autant plus faible que $(\cos\alpha + \cos\beta)$ sera plus grand, c'est-à-dire que les angles d'entrée et de sortie seront plus petits.

Son minimum correspondra à $(\cos\alpha + \cos\beta) = 0$, et alors, $V_2 = V_1$: la vitesse absolue de sortie de la vapeur sera alors égale à la vitesse absolue d'entrée, mais de sens inverse, et comme $\alpha = \beta = 0$, on aura $AB = BF = OB = \frac{AO}{2}$, ou $W = \frac{V_1}{2}$, c'est-à-dire que la vitesse tangentielle de la roue sera égale à la moitié de la vitesse absolue du fluide dans l'aubage. La vitesse absolue de sortie est alors égale à zéro, et la vitesse relative de sortie, à $\frac{V_1}{2}$.

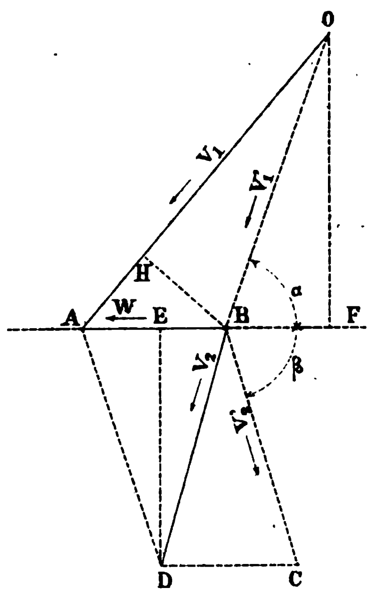


Fig. 2.

Si les angles α et β sont donnés ainsi que V_1, la vitesse absolue de sortie V_2 varie comme le produit $2\,W \times V_1^1$ et passera par un maximum quand ce produit sera lui-même maximum.

Or $$\text{surface } ABO = \frac{OB \times AB \sin\alpha}{2} = \frac{AO \times BH}{2}$$

d'où $$OB \times AB = \frac{AO \times BH}{\sin \alpha} \quad \text{ou} \quad V_1' W = \frac{V_1 \times BH}{\sin \alpha}$$

comme V_1 et $\sin \alpha$ sont constants V_1' W sera maximum quand BH sera maximum, c'est-à-dire quand on aura $AH = HO = \frac{AO}{2}$ et

et $AB = BO$ ou $AB = \frac{OB}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$ et par suite $W = \frac{V_1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}}$.

La vitesse tangentielle ne peut donc être moindre que la moitié de la vitesse d'entrée du fluide sur l'aubage, mais sa valeur peut être beaucoup plus grande et dépend de celle de l'angle d'entrée δ.

Pratiquement α et β ne peuvent être nuls et on ne peut même que difficilement descendre au-dessous de certaines valeurs, mais la perte d'énergie cinétique reste faible tant que ces angles sont plus petits que 45 degrés.

En effet, si dans la figure précédente $AB = BO$, c'est-à-dire si $W = V_1'$, on a :

$$OAF = \frac{OBF}{2} = 22^\circ 1/2, \quad ABD = \frac{ABC}{2} = 67^\circ 1/2$$

d'où :

$$BD = \frac{DE}{\sin 67^\circ 1/2} = \frac{OF}{\sin 67^\circ 1/2} = \frac{OA \sin 22^\circ 1/2}{\sin 67^\circ 1/2} = \frac{V_1 \sin 22^\circ 1/2}{\sin 76^\circ 1/2} = V_2$$

d'où : $$\overline{V}_2^2 = \frac{\overline{V}_1^2 \sin^2 22^\circ 1/2}{\sin^2 67^\circ 1/2} = 0,17\ \overline{V}_1^2 .$$

La perte d'énergie cinétique à la sortie n'est donc que 0,17 de la valeur à l'entrée.

S'il y a intérêt à prendre α et β aussi petits que possible pour réduire la vitesse tangentielle des aubes, il faut remarquer que de faibles valeurs de ces angles conduisent à des canaux d'aubages longs et étroits dans lesquels il y a exagération du frottement de la vapeur. Par contre, des valeurs trop grandes ont pour conséquence des canaux trop courts utilisant moins bien la chute de chaleur.

D'une manière générale, la vitesse tangentielle des aubes variant avec la différence des vitesses absolues d'entrée et de sortie, si celle-ci est considérable, c'est-à-dire si la chute de température est elle-même importante, les parties mobiles peu-

vent subir, du fait de la force centrifuge, des efforts très considérables, la vitesse tangentielle étant très grande.

Il y a donc intérêt à limiter W et par suite la différence entre V_1 et V_2 pour ne pas imposer aux matériaux une trop grande fatigue. C'est cette considération qui a conduit à l'emploi des turbines compound dont chaque roue n'utilise qu'une chute de vitesse et de température relativement faible.

La turbine à roue unique est tout à fait analogue à la machine monocylindrique qui utilise d'un seul coup toute la chute de pression, et les turbines compound à la machine à détente en cascade, avec cette différence que la chute de vitesse et de température sur chaque roue peut être infiniment moins grande que la chute de température dans chaque cylindre, ceux-ci étant forcément moins nombreux que celles-là.

Dans la turbine à roues multiples, il est toujours possible de réduire la chute de température correspondant à une roue par l'emploi d'un nombre approprié de roues, mais comme le frottement de la vapeur croît d'une part avec le nombre de roues, c'est-à-dire avec la longueur du parcours, et de l'autre avec le carré de la vitesse, il y a une valeur de chute de température par roue qui occasionne le minimum de perte, mais il est, dans l'état de nos connaissances, bien difficile de le déterminer exactement.

En employant peu de chute de température par roue, on augmente le nombre de roues et par suite le frottement de la vapeur, ainsi que la répétition des chocs et remous inévitables à l'entrée de chaque roue, les pertes seront donc plus considérables, mais d'autre part si l'augmentation de la chute de température par élément permet de réduire le nombre de roues, la vitesse augmente et le frottement croît lui-même très rapidement.

Seule une étude très soignée du fonctionnement d'une turbine et de son rendement permet, avec des expériences précises, de déterminer les relations qui, dans un cas donné, doivent exister entre les divers éléments, vitesses absolues et relatives, chutes de température, valeur des angles d'entrée et de sortie, etc.

Les calculs sont toujours longs et compliqués, surtout si le nombre des roues est considérable; aussi M. Stodola a-t-il proposé une méthode graphique pour déterminer rapidement et avec une approximation suffisante les éléments d'une turbine donnée à roues multiples.

Elle consiste à se donner la vitesse absolue de sortie des distri-

buteurs, les angles d'entrée et de sortie, et les vitesses tangentielles, variables avec la position et le diamètre des diverses roues, et à en déduire par des constructions graphiques les autres vitesses.

D'ailleurs, comme elle suppose connus la perte d'énergie due au frottement de la vapeur sur les aubes, la perte d'énergie due à l'échappement au condenseur de la vapeur surtout de la dernière roue, le travail de frottement des roues contre la vapeur, la résistance des paliers et les résistances accessoires, toutes quantités dont le calcul à peu près exact est impossible si on n'a pas les résultats d'expériences directes ou les données recueillies dans des constructions précédentes, la méthode de M. Stodola est pratiquement, d'un emploi difficile.

A la vérité, on possède bien quelques formules dues à divers Ingénieurs pour calculer, tout au moins approximativement, ces pertes, mais les conditions de fonctionnement de deux turbines en apparence analogues peuvent quelquefois être si différentes qu'il est bien délicat de les appliquer sans contrôle direct.

Pour toutes ces causes, le calcul du rendement des turbines *a priori*, tout en paraissant simple au premier abord, présente de très réelles difficultés et ne peut jamais être qu'approximatif, faute de connaitre exactement tous les phénomènes qui se passent à l'intérieur des turbines et les coefficients d'utilisation qui en découlent, notamment au point de vue des distributeurs et des aubes dont l'influence est capitale au point de vue du rendement.

Nous allons exposer sommairement comment se calcule approximativement le rendement des principaux types de turbines en examinant l'influence des divers éléments de la turbine sur les formules de rendement.

Rendement d'une turbine a roue simple.

Si on désigne par V_0 la vitesse théorique d'écoulement que doit prendre la vapeur en passant de la pression P_0 qu'elle a avant l'entrée au distributeur à la pression p qu'elle a à la sortie de la roue mobile, le travail théorique total disponible correspondant à cette chute de pression sera : $T = \frac{V_0^2}{2g}$, V_0 étant la vitesse théorique d'écoulement correspondant à la détente de P à p.

Le travail recueilli dans une turbine à roue simple sera, par suite des pertes inévitables pratiquement, toujours inférieur au travail théorique.

Si V_1 est la vitesse absolue de sortie du distributeur et aussi la vitesse absolue d'entrée sur la roue, V'_1 la vitesse relative d'entrée sur celle-ci, V'_2 la vitesse relative de sortie de la roue et V_2 la vitesse absolue de sortie, l'énergie cinétique totale communiquée à la roue sera $\frac{\overline{V}_1^2 - \overline{V}_2^2}{2g}$; mais une partie de cette énergie est absorbée par le frottement de la vapeur sur l'aube motrice.

C'est ce frottement qui fait que la vitesse relative de sortie V'_2 est généralement inférieure à la vitesse relative d'entrée. La perte d'énergie due au frottement sera donc exprimée par $\frac{\overline{V'}_1^2 - \overline{V'}_2^2}{2g}$ de sorte que le travail réellement recueilli sur la roue aura pour expression :

$$\mathfrak{T} = \frac{\overline{V}_1^2 - \overline{V}_2^2 - (\overline{V'}_1^2 - \overline{V'}_2^2)}{2g}.$$

Or si W est la vitesse tangentielle de la roue et α l'angle d'entrée, les deux vitesses V_1 et V'_1 sont liées par la relation :

$$\overline{V}_1^2 - \overline{V'}_1^2 = 2V_1W \cos.\alpha - \overline{W}^2.$$

De même si β est l'angle de sortie, on a entre V_2 et V'_2 la relation analogue suivante :

$$\overline{V'}_2^2 - \overline{V}_2^2 = 2V'_2W \cos \beta - \overline{W}^2,$$

de sorte qu'en remplaçant dans la valeur de $\mathfrak{T}$ on a :

$$\mathfrak{T} = \frac{2W}{2g}(V_1 \cos \alpha + V'_2 \cos \beta - W).$$

La vitesse absolue de sortie V_1 du distributeur (et aussi d'entrée sur la roue) est nécessairement différente de la vitesse V_0 qu'avait la vapeur avant l'entrée dans le distributeur, mais elle est liée à cette vitesse par la relation $\frac{V_1}{V_0} = \rho$ ou $V_1 = \rho V_0$, ρ étant le rendement de la tuyère ou de l'aube directrice préalablement déterminée par des expériences directes.

De même la vitesse relative d'entrée dans l'aube motrice V'_1 est liée à la vitesse relative de sortie V'_2 par une relation ana-

logue $\frac{V_2'}{V_1''} = \rho_1$ ou $V_2' = \rho_1 V_1''$, ρ_1 étant le rendement, déterminé expérimentalement, de l'aube motrice.

En remplaçant V_1 et V_2' par leur valeur dans l'expression de $\mathfrak{T}$ on a :

$$\mathfrak{T} = \frac{2W}{2g}(\rho V_0 \cos \alpha + \rho_1 V_1' \cos \beta - W).$$

Si on remarque que les angles α et β sont toujours petits, et que par suite $\cos \alpha$ et $\cos \beta$ sont très voisins de l'unité, on peut, pour obtenir une expression approximative simple du travail, poser sans grosse erreur $V_1' = V_1 - W$ de sorte que finalement :

$$\mathfrak{T} = \frac{2W}{2g} V_0 \left[\rho \cos \alpha + \rho\rho_1 \cos \beta - \frac{W}{V_0}(1 - \rho_1 \cos \beta)\right],$$

et que le rendement $\mathfrak{R}$ sera donné par :

$$\mathfrak{R} = \frac{\mathfrak{T}}{T} = \frac{2W}{W_0}\left[\rho \cos \alpha + \rho\rho_1 \cos \beta - \frac{W}{V_0}(1 - \rho_1 \cos \beta)\right].$$

Il ressort de cette expression que le rendement est d'autant plus satisfaisant que le rapport de la vitesse tangentielle W à la vitesse théorique d'écoulement est plus grand et que les angles d'entrée et de sortie α et β sont plus petits.

Le maximum de rendement correspondrait à :

$$W = V_0 \frac{\rho \cos \alpha + \rho_1 \cos \beta}{1 + \rho_1 \cos \beta}.$$

Les angles α et β, par suite de nécessité de construction ont des valeurs au-dessous desquelles on ne peut guère descendre, et, d'autre part, les rendements ρ et ρ_1 déduits d'expériences directes ne sont guère non plus susceptibles de modification.

Le rendement dépend donc principalement du rapport $\frac{W}{V_0}$ c'est-à-dire qu'il est d'autant meilleur que la vitesse tangentielle se rapproche plus de la vitesse théorique d'écoulement.

Malheureusement, elle devient alors si considérable que les pièces tournantes subissent, du fait de la force centrifuge, des efforts intenses qui obligent soit à se borner à des puissances relativement faibles, soit à réduire la vitesse W, le rendement dût-il être moins satisfaisant.

Il faut d'ailleurs remarquer que, par suite de la forme de la courbe de rendement, la vitesse W peut varier dans d'assez

larges limites sans que le rendement soit affecté d'une manière trop fâcheuse.

Cette réduction de la vitesse W est toujours faible dans les turbines à roue simple utilisant dans un seul élément la chute totale de température et de vitesse.

C'est pour arriver à une réduction plus considérable, par suite du fractionnement de la chute totale entre des chutes partielles beaucoup moins fortes, qu'on a été conduit à employer plusieurs éléments successifs dont la vitesse tangentielle est beaucoup moins grande et qui, si la chute totale est bien répartie, peuvent être calés sur le même arbre.

Le nombre des roues employées dépend à la fois de l'importance de la chute totale et de celle de chaque chute partielle qu'on veut réaliser. La détermination de ce nombre est relativement délicate au point de vue du rendement, et il y a un point critique difficile à fixer.

Il faut, dans la détermination du rendement des turbines à roues multiples, distinguer deux cas, suivant que celles-ci sont à action ou à réaction.

Rendement d'une turbine a action a roues multiples.

Les turbines à action munies de roues multiples peuvent être considérées comme formées par la juxtaposition d'éléments comprenant chacun son distributeur et son récepteur. Comme la détente de la vapeur se fait entièrement dans le récepteur, il n'y a pas d'effet d'un élément sur l'autre, et le calcul du rendement peut se faire par la méthode indiquée plus haut pour la turbine à action à roue simple, le travail total étant la somme des travaux partiels des éléments, et la seule différence étant que la chute de pression et de température est, par élément, beaucoup plus faible et que par suite la vitesse tangentielle W est considérablement réduite.

Le maximum de rendement correspond approximativement à une vitesse tangentielle exprimée par la même formule que pour la turbine à roue simple.

Il y a évidemment intérêt, au point de vue du rendement, à diviser la chute totale en chutes partielles telles que la vitesse théorique que doit prendre la vapeur dans les distributeurs successifs soit la même pour tous les éléments.

Toutefois, si le poids de vapeur qui passe par chacun de ceux-

ci reste le même, le volume de celle-ci croît par suite de la diminution et du poids spécifique. Il faut, par suite, augmenter les sections de passage qui lui sont offertes.

Cette augmentation entraînerait l'accroissement progressif du diamètre des différentes roues, mais on ne va pas jusque-là et on se contente d'augmenter le diamètre par séries de roues, ce qui est plus simple comme construction.

La vitesse tangentielle s'accroissant avec le diamètre, la vitesse de la vapeur croît elle-même, et par suite il y a, pour une même chute totale, réduction du nombre des éléments employés.

Rendement d'une turbine à réaction à roues multiples.

Par la turbine à réaction à roues multiples, le mode de calcul du rendement ne peut être le même que pour la turbine à action, la détente de la vapeur se produisant à la fois dans le distributeur et le récepteur.

La vitesse absolue de sortie de chacune des roues multiples ou vitesse restante, est loin d'être nulle et est utilisée dans l'élément suivant, le tracé des aubes motrices étant tel que la direction de la vitesse absolue de sortie d'une roue mobile est tangente au premier élément d'entrée de la courbe de l'ailette directrice suivante.

Si on appelle U_1 la vitesse théorique que la vapeur doit acquérir par suite de la détente partielle qu'elle subit dans le distributeur, l'énergie cinétique acquise sera, en appelant ρ le coefficient de rendement de l'ailette directrice, exprimée par $\frac{\rho \overline{U}_1^2}{2g}$.

D'autre part, la perte d'énergie cinétique due au frottement de la vapeur affluant dans les canaux du distributeur avec la vitesse V_0 peut être représentée par l'expression $\frac{\varphi \overline{V}_0^2}{2g}$, φ étant un coefficient dépendant à la fois de la forme et de la grandeur de l'ailette directrice.

L'énergie totale disponible à l'entrée du distributeur étant $\frac{\overline{V}_0^2}{2g}$, on aura, d'autre part, pour l'énergie disponible à la sortie de celui-ci :

$$\frac{\overline{V}_1^2}{2g} = \frac{\overline{V}_0^2 + \rho \overline{U}_1^2 - \varphi \overline{V}_0^2}{2g},$$

d'où :

$$\overline{V}_1^2 - \overline{V}_0^2 - \rho \overline{U}_1^2 - \varphi \overline{V}_0^2$$

Généralement la forme de l'aube de la roue motrice, si elle n'est pas la même que celle de l'ailette directrice n'en diffère que très peu, et on peut admettre que la perte par frottement dans l'aube motrice a une expression analogue à celle qui se produit dans l'ailette directrice et que notamment le coefficient φ reste le même.

Si on appelle U_2 la vitesse que doit prendre la vapeur par suite d'une détente dans l'aubage mobile, on a :

$$\overline{V_2'^2} - \overline{V_1'^2} = \rho \overline{U_2^2} - \varphi \overline{V_1'^2},$$

de sorte que le travail dans l'élément complet distributeur et récepteur, sera exprimé par :

$$\mathfrak{T} = \frac{\rho \overline{U_1^2} + \rho \overline{U_2^2} - \varphi (\overline{V_0^2} + \overline{V_1'^2}) + \overline{V_0^2} - \overline{V_2^2}}{2g}$$

Si les éléments successifs de la turbine sont tels que les détentes qui s'y produisent correspondent au même accroissement d'énergie cinétique, la vitesse tangentielle sera la même pour les roues de même diamètre et la vitesse absolue de sortie des éléments, c'est-à-dire la vitesse restante, sera aussi la même, de sorte qu'on aura $U_2 = V_0$, et que par suite l'expression du travail de l'élément deviendra :

$$\mathfrak{T} = \frac{\rho \overline{U_1^2} + \rho_1 \overline{U_2^2} - \varphi (\overline{V_0^2} + \overline{V_1'^2})}{2g} = \frac{\rho \overline{U_1^2} + \rho_1 \overline{U_2^2} - \varphi (\overline{V_1'^2} + \overline{V_2^2})}{2g}$$

Comme d'autre part le travail théorique T disponible dans l'élément est :

$$T = \frac{\overline{U_1^2} + \overline{U_2^2}}{2g}$$

le rendement d'un élément aura pour expression :

$$\mathfrak{R} = \frac{\rho \overline{U_1^2} + \rho_1 \overline{U_2^2} - \varphi (\overline{V_1'^2} + \overline{V_2^2})}{\overline{U_1^2} + \overline{U_2^2}}$$

Si les chutes de pression et de température, les angles d'entrée et de sortie, les vitesses etc., sont les mêmes pour tous les éléments, le rendement total de la turbine sera évidemment donné par l'expression précédente.

Il sera d'autant plus élevé, toutes choses égales, que la vitesse relative d'entrée dans l'aubage moteur et celle de sortie de cet aubage seront plus faibles.

Or, en appelant α l'angle de sortie de la vapeur de l'ailette directrice et α_1 l'angle d'entrée dans la roue mobile, on a:

$$\overline{V_1'^2} = \overline{V_1^2} + \overline{W^2} - 2\, V_1\, W \cos \alpha$$

V_1' sera donc d'autant plus petite que cos α sera plus grand et que langle α sera plus petit; elle sera minima quand la vitesse tangentielle W sera telle que V_1' soit dirigée suivant la tangente à l'élément d'entrée de l'aube motrice, et cette valeur de W sera donnée par l'expression :

$$W = V_1 \frac{\sin (\alpha_1 - \alpha)}{\sin \alpha}.$$

Si maintenant on considère la vitesse absolue de sortie de l'aube mobile V_2 ou vitesse restante, on peut bien lui appliquer le même raisonnement, et on reconnaît que V_2 sera d'autant plus faible que l'angle β de sortie de l'aube motrice sera plus petit et et que l'angle β' d'entrée sur l'ailette directrice suivante sera plus grand. La valeur de W convenable sera alors :

$$W = \frac{\sin (\beta' - \beta)}{\sin \beta}.$$

On a ainsi deux valeurs, d'ailleurs peu différentes, que W devra tendre à avoir pour correspondre au meilleur rendement.

Il faut d'ailleurs remarquer que les coefficients ρ et ρ_1, sont eux-mêmes peu différents l'un de l'autre, en raison de la similitude de forme des ailettes directrices et des aubes mobiles.

Si on compare la turbine à roues multiples, dans laquelle le travail total est également réparti entre des roues de même diamètre, à la turbine à roue simple, on constate que la réduction de la vitesse tangentielle est proportionnelle à la racine carrée du nombre d'éléments, que la turbine soit à action ou à réaction.

En pratique, il n'en est pas tout à fait ainsi par suite de l'augmentation progressive du diamètre des séries de roues, et si le nombre des éléments est réduit par suite de cette augmentation de diamètre, on perd un peu par contre sur la réduction de la vitesse tangentielle.

La réduction de la vitesse tangentielle est un point très important pour l'avenir des turbines, car si on arrivait, ce que les progrès déjà réalisés rendent probable, à abaisser encore la vitesse de rotation, sans affecter trop le rendement, les applications de ces appareils se développeraient rapidement.

L'abaissement de la vitesse de rotation a déjà été tres sensible depuis l'apparition des turbines, et, en laissant de côté les turbines à roue simple dont la vitesse est toujours énorme, nous nous bornerons à indiquer que la vitesse des turbines à roues multiples qui en 1884 était de 18 000 tours, s'est abaissée successivement pour atteindre, dans les installations puissantes, 700 et même 500 tours.

Dans l'installation en cours à bord des nouveaux paquebots de la Compagnie Cunard qui devra développer 65 000 ch, la vitesse prévue est, paraît-il, de 200 tours, ce qui facilite singulièrement l'établissement des propulseurs déjà connus et employés.

La construction des turbines laissera sans doute encore longtemps un rôle important à la pratique. Les coefficients de rendement des aubages et les divers phénomènes qui se produisent dans le fonctionnement des turbines sont trop délicats et trop difficiles à déterminer pour qu'on puisse encore se passer de vérification expérimentale en s'en remettant uniquement au calcul.

Les travaux théoriques des Ingénieurs qui se sont attachés à l'étude de la question, en établissant la théorie de fait d'observation, ont, dans une grande mesure, favorisé les progrès réalisés dans ces derniers temps. On peut dire que ces progrès sont leur œuvre indivise avec les constructeurs qui, par des perfectionnements de détail, ont amené la turbine à vapeur à rivaliser sans infériorité avec les machines alternatives pour les moyennes et surtout pour les grandes puissances.

DEUXIÈME PARTIE

Description des principaux types de turbines à vapeur. — Installations diverses. Résultats obtenus.

Nous allons maintenant examiner sommairement, dans l'ordre chronologique, les divers systèmes de turbines inventés, jusqu'à ce que nous arrivions aux types actuellement en service ou tout au moins en essais (1).

(1) Voir sur ce sujet le très intéressant travail de M. Sosnowsky dans le *Bulletin de la Société pour l'encouragement de l'industrie nationale*. — Août à Octobre 1896.

Turbine Real et Pichon.

Pour trouver un appareil qui présente un certain nombre des caractères qu'on donne aujourd'hui aux turbines, il faut aller jusqu'en 1827, année où parut le projet, tout au moins, de la turbine à action Real et Pichon. Elle avait son axe vertical et se composait de roues mobiles horizontales calées sur l'arbre et munies d'aubes planes à leur périphérie, aubes sur lesquelles des distributeurs formés de plateaux fixes percés de trous obliques projetaient des jets de vapeur à peu près perpendiculaires.

Il y avait donc bien en réalité détente successive d'un disque à l'autre, mais les moyens d'exécution de l'appareil étaient si insuffisants que l'utilisation, si cette turbine a été réalisée, devait être des plus médiocres.

Turbine d'Ewbank.

En 1839, Ewbank inventa une turbine dont la disposition rappelle à l'état rudimentaire la forme donnée plus tard à la turbine de Laval.

Dans cet appareil, la vapeur projetée par un ou plusieurs jets disposés à la périphérie, venait frapper les aubes planes et faisait tourner la roue.

Bien que mieux étudiée que les appareils inventés jusqu'à cette date, cette turbine devait avoir également une utilisation assez faible.

Turbine de Wilson.

En 1848, Robert Wilson de Greenoch fit breveter une turbine à réaction radicale centripète et centrifuge à roue simple, une turbine radiale centrifuge à roues multiples et une turbine axiale qui présente à l'état rudimentaire les caractères essentiels des turbines actuelles.

Turbine de Tournaire.

Il faut aller jusqu'en 1853, pour trouver avec la turbine de Tournaire, Ingénieur des Mines, un appareil bien conçu théoriquement et présentant toutes les caractéristiques des turbines modernes.

Tournaire avait étudié l'écoulement de la vapeur avec toutes les données qu'on avait alors, et avait, dès cette époque, proposé, en raison des moindres vitesses d'écoulement acquises avec des chutes de pression relativement faibles, de diviser la chute de pression totale entre plusieurs roues montées sur le même axe et même montées sur des axes différents conjugués à l'aide d'engrenages.

Les espaces réservés au passage de la vapeur croissaient suivant la loi de détente de cette dernière qui était aussi progressive autant que le permettaient les moyens d'exécution imparfaits dont on disposait.

Il comptait, de plus, recueillir non seulement le travail dû à l'extinction de la vitesse du jet, mais aussi celui résultant de la différence de pression à l'entrée et à la sortie. Il proposait même, pour réduire la vitesse de sortie, d'employer des profils d'aubes donnant des sections de passage moindres à la sortie qu'à l'entrée, c'est-à-dire tout à fait la disposition qu'on emploie aujourd'hui sur les turbines à roues multiples.

Enfin, il prévoyait qu'en raison de l'insuffisance des moyens d'exécution, les pertes dues au frottement ou aux chocs à l'entrée et à la sortie seraient assez considérables.

Sa turbine compound axiale à détente progressive peut donc être considérée comme le prototype des turbines axiales à réaction existant aujourd'hui.

Turbine Girard. — Turbine Autier.

En 1855, Girard inventa à son tour une turbine radiale centrifuge présentant beaucoup des caractères qu'on trouve aujourd'hui dans les turbines de ce type, et en 1859, Autier, reprenant l'idée de Girard, fit breveter une turbine radiale centrifuge à double parcours.

Turbines diverses.

A partir de cette époque, les essais de turbinesse multiplient avec plus ou moins de succès. Nous citerons, en 1864, la turbine Farcot et Perrigault, la turbine Hanssen (1870) rappelant la turbine Real et Pichon, celle d'Edwards à disques multiples et jets centrifuges (1876), la turbine centrifuge double de Cuttler, pour arriver en 1884, au moteur à réaction de Laval, prélude de la

turbine de ce nom, qui ne fit son apparition qu'en 1889, et à la première turbine axiale à réaction de Parsons, que des perfectionnements ingénieux ont portée à un degré d'économie remarquable.

En 1885 parut, en Amérique, la turbine de Curtis, en 1892, celle d'Edwards, en 1898 celle de Rateau, en 1899, celle de Zoelly et enfin la maison Bréguet étudie en ce moment une turbine à action à disques de Laval encore en essais.

Nous allons examiner en détails et par ordre chronologique les dispositions des divers types Parsons, de Laval, Rateau, Zoelly, Curtis et Bréguet, qui sont les seules qui jusqu'ici aient eu une certaine extension industrielle.

Turbine « Parsons ».

Historique.

C'est en 1884, lors de l'apparition des dynamos à grande vitesse et des pompes centrifuges fonctionnant pratiquement, que M. Parsons construisit la première turbine qui ait été utilisée industriellement. Elle a commandé pendant quelques années une dynamo à Gateshead-on-Tyne et est actuellement au musée du South-Kensington.

Elle consistait *(fig. 3)*, en deux groupes de quinze roues à aubes calées sur un même arbre, de part et d'autre de l'arrivée de vapeur pour équilibrer les poussées axiales.

Les aubes mobiles étaient montées sur les roues et les aubes fixes ou directrices sur l'enveloppe même de la turbine.

Chaque groupe constituait pour ainsi dire une turbine complète dans laquelle l'accroissement des passages de vapeur permettait à celle-ci de se détendre progressivement.

L'utilisation en fut satisfaisante, mais la grande vitesse de rotation (18 000 tours) rendait difficile le parfait centrage de l'arbre qui fouettait légèrement sous l'action de la force centrifuge, aussi avait-il fallu ménager entre les parties fixes et les parties mobiles, des jeux suffisants pour qu'en aucun cas il ne pût y avoir frottement. De là des fuites assez importantes et une certaine perte d'utilisation.

Ces défauts étaient inhérents à la grande vitesse de rotation. M. Parsons s'attacha à réduire cette vitesse et y parvint après

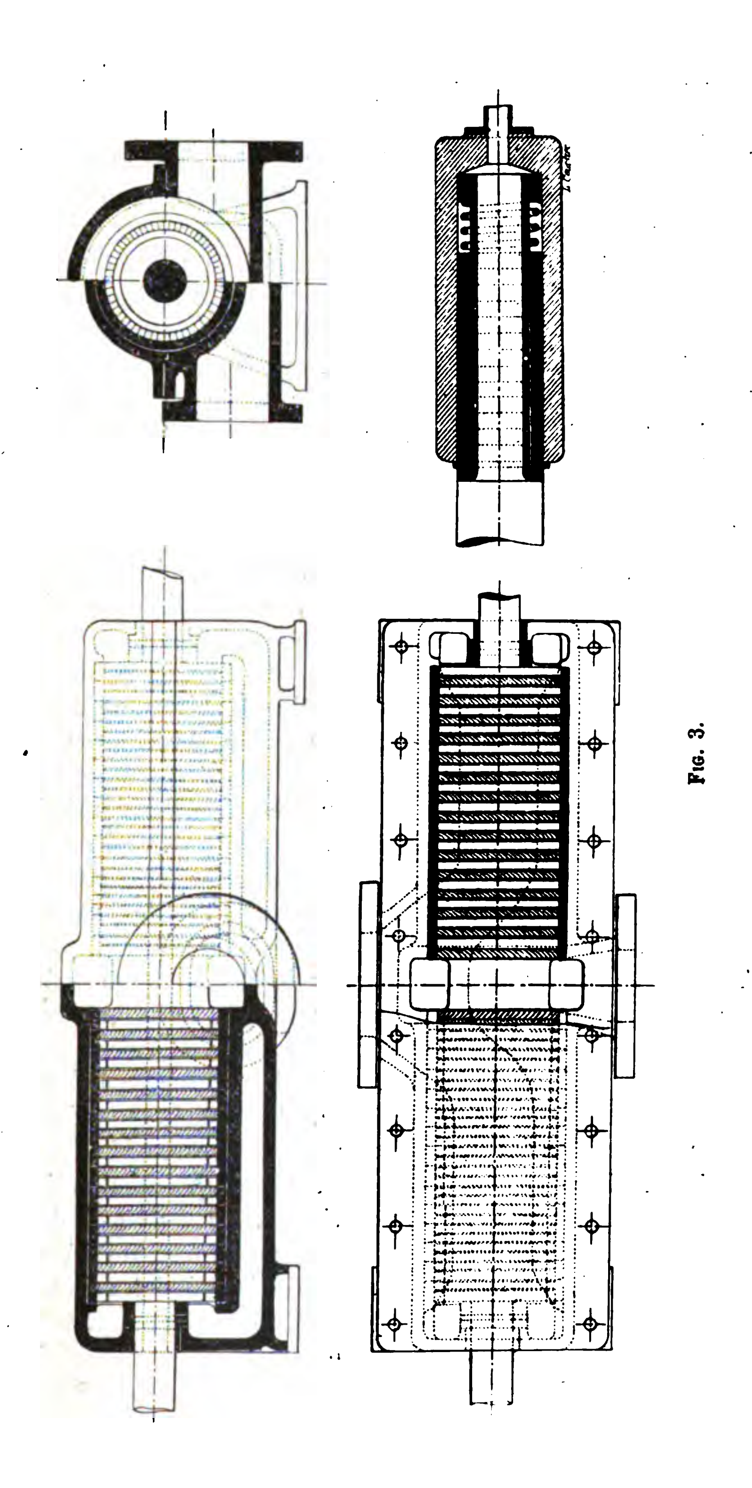


Fig. 3.

une série assez longue d'essais, surtout avec les turbines puissantes.

La vitesse primitive de 18 000 tours s'est aujourd'hui abaissée en conservant un bon rendement à 1 100 et même 700 ou 500 tours dans certains cas.

En 1892, fut réalisée la première installation de turbines Parsons à condensation. C'était une turbine de 200 ch faisant 4800 tours par minute et commandant un alternateur de 150 kilowatts à la station électrique de Cambridge.

Les essais de cet appareil, exécutés par le professeur Ewing, montrèrent que la consommation de vapeur était très acceptable étant donnés les nombreux avantages que présente ce genre de moteur.

L'installation de turbo-dynamos analogues fut alors entreprise à Newcastle, Woolwich, Scarborough, Hartlepool, etc., en même temps que celles des turbines sans condensation pour les stations de la Compagnie Métropolitaine d'éclairage électrique de Londres.

Depuis cette époque, le nombre des turbines en service a considérablement augmenté et rien qu'en Angleterre on en compte environ 300 000 ch, sans compter les grosses installations en cours à bord de bâtiments à vapeur de puissance considérable.

A l'étranger, une installation de 1 000 kilowatts a été exécutée pour la municipalité d'Elberfeld, une autre de 4 000 pour Francfort-sur-le-Mein, d'autres pour la Suisse et l'Italie, entre autres pour Milan.

Actuellement, il y a en service sur le continent européen environ 457 000 ch de turbines Parsons pour installations de terre, la plupart en appareils de grande puissance.

Pendant que les turbines se répandaient, grâce à leurs avantages, dans les installations de terre, M. Parsons se préoccupait de leur application à la propulsion des navires.

En 1894, il forma un syndicat d'études qui décida de faire construire un petit navire d'expérience, *La Turbinia*, dont les résultats très remarquables attirèrent l'attention de l'Amirauté anglaise, qui décida l'application du système à deux contre-torpilleurs *Le Viper* et *Le Cobra*, dont la vitesse dépassa 36 nœuds avec une puissance de 12 000 ch environ.

En présence de ces résultats, il se forma sur la Clyde une Société pour la construction, à l'occasion de l'exposition de Glasgow, d'un paquebot à voyageurs muni de turbines destiné au

service de la Clyde entre Fairlie et Campbelltown, *Le King-Edward*, qui pendant l'exposition donna des résultats économiques si satisfaisants qu'à la fin de l'année 1901, la Société décida la construction d'un second paquebot à turbines, *La Queen Alexandra*, plus grand et plus rapide que le premier.

Ce paquebot, mis en service au commencement de l'année 1902, a également fort bien réussi, dépassant d'un nœud la vitesse du *King-Edward*.

C'est également en 1902 que l'Amirauté décida la construction d'un nouveau contre-torpilleur, présentant cette particularité d'avoir des machines alternatives pour la marche à petite vitesse pouvant être embrayée sur les arbres des hélices latérales.

Aujourd'hui la marine allemande et la marine française ont suivi l'exemple de la marine anglaise et vont essayer les moteurs à turbines.

De son côté, la marine de commerce et les grandes Compagnies de navigation essayent le système et aujourd'hui il y a environ 65 200 ch en service à bord et environ 85 000 ch en construction, sans compter l'appareil à 65 000 ch qu'il est question d'appliquer à un des nouveaux paquebots Cunard qui doivent réaliser 25 nœuds.

On arrive donc à un total approximatif de 607 000 ch en service et en construction pour les turbines Parsons.

C'est certainement une des turbines les plus répandues. Elle doit son succès à des dispositions de détail très ingénieuses qui lui ont assuré un fonctionnement régulier et économique.

Turbines de terre. — Turbines de mer.

Les turbines Parsons n'ont pas tout à fait la même disposition suivant qu'elles sont destinées au service de terre ou au service de mer.

Pour le premier, il est, en effet, nécessaire de compenser la poussée latérale due à l'action de la vapeur dans un sens, tandis que pour le second cas cette compensation est inutile, la poussée de l'hélice équilibrant cette poussée latérale.

Une autre différence entre les deux types tient au mode d'admission de la vapeur, qui est rythmé dans les turbines de terre, tandis qu'il est continu dans les turbines de mer.

Outre ces deux types principaux présentant des variantes qui seront examinées plus loin, M. Parsons a aussi créé un type de

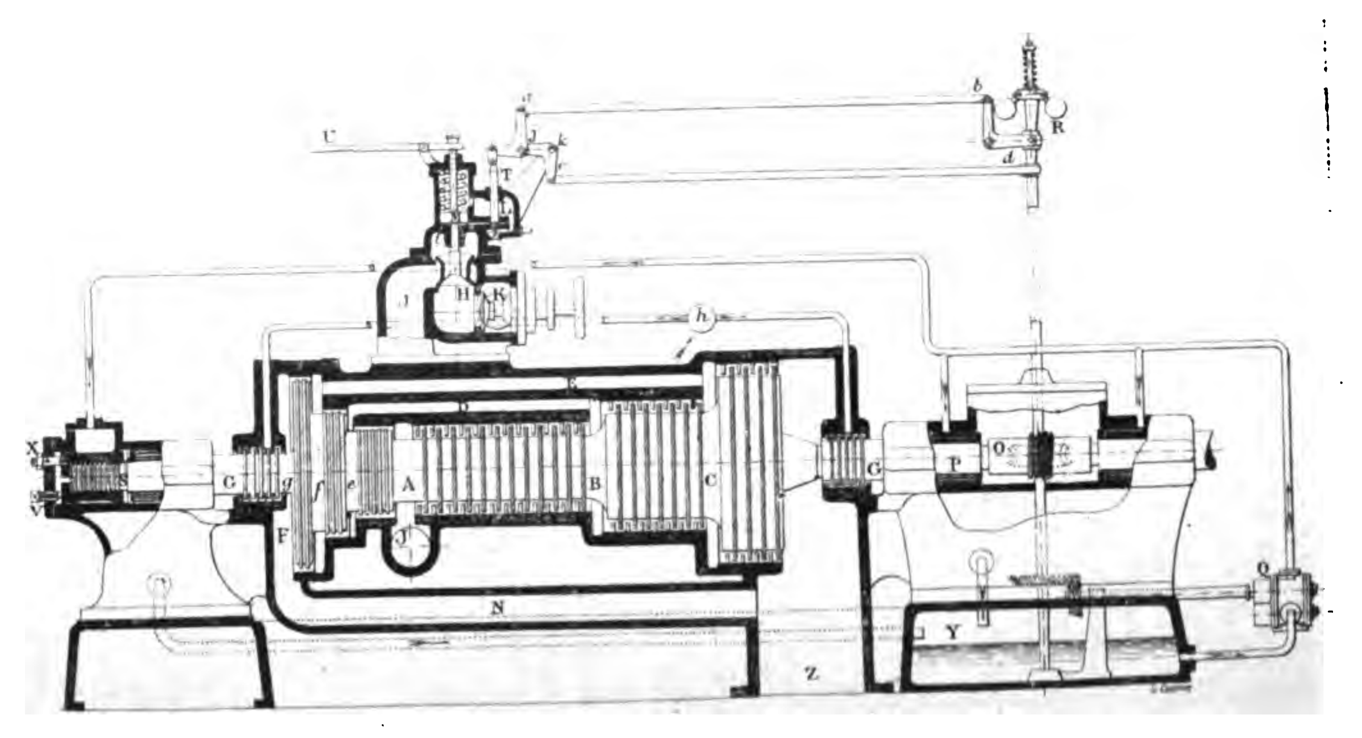


Fig. 4.

turbine simple analogue à la turbine de Laval, mais dans lequel la vitesse de rotation est réduite de moitié, la roue mobile tournant dans un sens et la roue qui porte les directrices et par laquelle se fait l'admission de vapeur dans l'autre.

Nous allons examiner successivement ces différents types :

Turbine de terre axiale a roues multiples.

La turbine de terre axiale *(fig. 4)* se compose d'une enveloppe en fonte cylindrique dont l'intérieur est muni de couronnes d'aubes directrices entre lesquelles se meuvent des séries de roues mobiles de diamètres croissants montées sur le même arbre.

La vapeur, après avoir traversé le régulateur d'admission dont le détail sera donné plus loin, pénètre dans une chambre ménagée en avant des roues du plus petit diamètre, et après avoir passé successivement sur les différentes séries de roues de diamètres croissants, se rend dans la chambre d'échappement d'où elle passe au condenseur.

Avant de passer sur la première roue mobile la vapeur traverse une garniture d'aubes directrices fixes qui lui impriment la direction voulue pour qu'elle agisse dans les meilleures conditions sur les aubes de la première roue mobile.

Au sortir de celle-ci, elle traverse à nouveau une seconde garniture d'aubes directrices qui modifie la direction du courant, avant qu'il passe sur la seconde roue mobile et ainsi de suite.

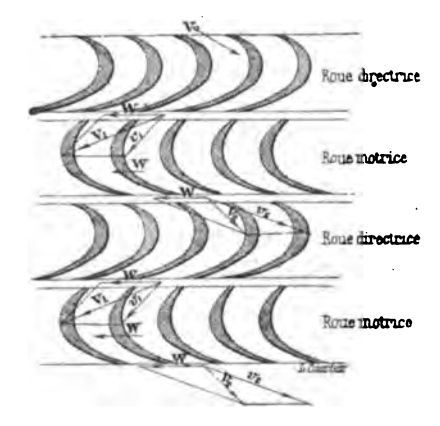


Fig. 5.

Disposition des aubes.

La disposition des aubes directrices et des aubes mobiles est indiquée par la figure 5 sur laquelle sont tracées en direction et en grandeur les différentes vitesses de la vapeur et des roues.

Sections de passage.

Les sections de passage de la vapeur sont calculées de manière à croître proportionnellement à la détente de la vapeur tout en limitant les différences de pression sur les deux faces d'une même roue mobile.

Jeux.

Les jeux entre les roues mobiles et les couronnes d'aubes fixes sont d'environ 3 à 4 mm. Quant aux jeux entre le bout des aubes mobiles et le fond de la gorge fixe dans laquelle elle tourne, ils sont variables suivant la pression et aussi la longueur des aubes et le débit de vapeur.

Pour en réduire l'importance relative, la vitesse périphérique des premières roues recevant la vapeur vive est plus faible que celles des roues recevant la vapeur déjà détendue. Les aubes des premières roues peuvent ainsi être plus longues, à débit égal et l'importance du jeu plus réduite proportionnellement.

Il faut d'ailleurs remarquer que les pertes de travail mécanique qui se produisent dans les premières roues se retrouvent tout au moins partiellement dans les dernières sous la forme de travail thermique qui évite les chutes trop brusques de température et de pression et joue le rôle de réchauffeur.

Diamètres croissants des roues mobiles.

Pour faciliter l'augmentation des sections de passage entre les aubes, les roues mobiles d'une même turbine sont partagées en plusieurs séries de roues de diamètres croissants.

Aubage.

Les aubes fixes et mobiles sont en bronze spécial forgé et leurs dimensions sont choisies pour qu'elles travaillent avec un coefficient de sécurité de 20 à 40.

Leur peu d'épaisseur rend à peu près impossible la présence de défauts qui seraient forcément apparents. La pression qu'elles supportent par centimètre carré est d'ailleurs très faible et ne dépasse pas deux grammes.

Elles sont fixées dans le tambour mobile ou sur les couronnes fixes à l'aide d'emmanchements à queue d'aronde qui donnent une sécurité absolue contre l'arrachement des ailes.

Le jeu latéral entre les parties fixes et les parties mobiles est de 3 à 4 mm et l'expérience a montré qu'une faible augmentation ou diminution de ce jeu n'a pas d'influence sensible sur la consommation de vapeur.

Quant au jeu au bout des ailes, il est réglé de telle sorte qu'il ne puisse jamais y avoir contact dans les premières roues, où il est cependant réduit au minimum. Pour les aubes plus longues qui sont vers la fin du parcours, il est alors porté sans inconvénient à 2 mm et même 3 mm.

Poussée axiale.

La poussée axiale que produirait l'action de la vapeur sur les faces latérales des roues mobiles et la projection des aubes sur le plan de celles-ci est équilibrée à l'aide de pistons dont les surfaces correspondent aux surfaces latérales des diverses séries de roues mobiles, mais qui reçoivent la pression de la vapeur en sens inverse.

Pour que l'égalité de pression et par suite la compensation s'établissent, la face de chacun d'eux, tournée du côté des roues mobiles, est reliée par un conduit de dimensions appropriées au réservoir qui sépare les deux séries de roues de diamètres correspondants.

Les différences de pression et par suite la poussée axiale ne peuvent donc être que très faibles; aussi, le rôle du petit palier de butée à collets est-il plutôt de maintenir longitudinalement le réglage du jeu des disques mobiles entre les couronnes fixes que de supporter un effort de poussée un peu puissant.

Coussinet de palier de réglage.

Les coussinets à gorges du palier de réglage sont disposés en conséquence. Le coussinet supérieur est disposé pour recevoir la poussée dans un sens et le coussinet inférieur la poussée dans l'autre. L'étendue des surfaces en contact rend la pression par unité de surface très faible, de sorte que l'usure est elle-même très peu considérable, et qu'il ne peut y avoir, sauf dans le cas d'une avarie tout à fait exceptionnelle de déplacement relatif des parties mobiles par rapport aux parties fixes.

Presse-étoupes de sortie de l'arbre.

L'arbre de la turbine sort de l'enveloppe de celle-ci en traversant des presse-étoupes cannelés dits à « labyrinthe » (*fig. 6*) disposés, ainsi qu'il a été dit plus haut, de manière qu'un léger filet de vapeur vive, entraîné par la force centrifuge, forme entre les cannelures de l'arbre et le fond des alvéoles de la boîte un matelas de vapeur suffisant pour empêcher toute communication entre l'intérieur de la turbine et l'extérieur, si le filet de

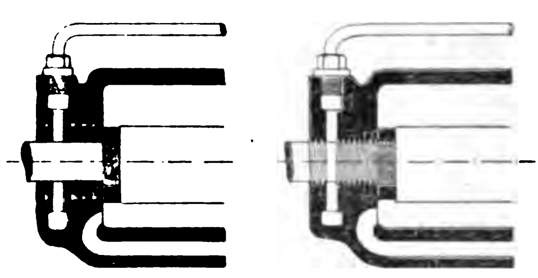


Fig. 6.

vapeur est bien réglé; il n'y a pas même de petites fuites de vapeur à l'extérieur.

Dans les turbines à échappement libre, le presse-étoupes correspondant au côté échappement ne supportant qu'une différence de pression très faible est à peine nécessaire; aussi son installation est-elle très facile.

Elle présente plus de difficultés sur les turbines à échappement au condenseur, car il faut alors absolument empêcher les rentrées d'air extérieur qui feraient tomber le vide; aussi le filet de vapeur injecté dans les presse-étoupes doit-il être réglé avec soin. C'est un tour de main à prendre, mais l'expérience a montré que les résultats obtenus sont absolument satisfaisants.

Graissage des paliers de l'arbre.

Les paliers qui supportent l'arbre sont complètement extérieurs à la turbine, de sorte que le graissage qu'on y emploie ne peut en aucun cas pénétrer dans celle-ci même quand le vide se produit à l'intérieur de la turbine au moment de l'arrêt. L'huile de graissage, après avoir lubrifié les coussinets, retourne à un décanteur où elle dépose les impuretés et où elle est reprise par la pompe à huile qui la fait ensuite repasser dans les coussinets.

La pression d'huile de graissage est d'environ 1,500 kg, ce qui correspónd à peu près à la pression par cm² exercée par l'arbre sur le coussinet, de telle sorte que l'arbre tourne en réalité sur une couche d'huile.

La pompe à huile est commandée par l'arbre de la turbine à l'aide du harnais hélicoïdal qui commande également, ainsi qu'on le verra plus loin, le réglage de l'admission de vapeur.

La consommation d'huile est très faible : elle varie de 0,3 gr. à 0,1 gr. par cheval-heure suivant les dimensions de la turbine, c'est-à-dire qu'elle est beaucoup moindre que dans les machines alternatives.

Ce résultat n'est pas étonnant étant donnée la faible étendue des surfaces à graisser et la faculté de faire resservir plusieurs fois la même huile après décantation et filtrage.

Dans les machines ordinaires, on peut évaluer que la consommation de graissage varie de 0,66 gr. à 1,32 gr. par cheval-heure suivant la puissance de l'appareil.

La différence est donc très appréciable.

Disposition des coussinets de paliers.

Le point délicat dans la construction des turbines est l'installation de coussinets susceptibles de laisser l'arbre se centrer sur son centre de masse qui, par suite des imperfections de construction, ne coïncide pas toujours avec son centre de figure, de manière à réduire au minimum les effets dus à l'action de la force centrifuge sur le balourd.

Cette action de la force centrifuge aurait, en effet, pour con-

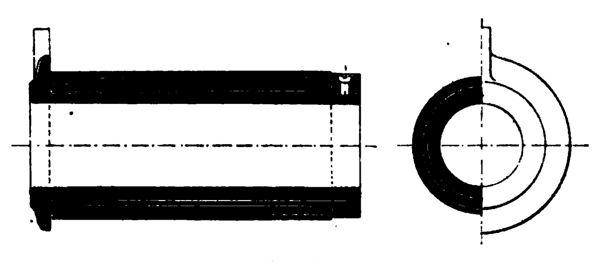


Fig. 7.

séquence le fléchissement de l'arbre, ce qui amènerait le contact des parties fixes avec les parties mobiles.

Il faut peu d'usure et une certaine élasticité dans ces coussinets.

M. Parsons est parvenu à résoudre le problème par un artifice ingénieux qui s'est montré excellent en pratique (*fig. 7*).

L'arbre porte une chemise en bronze fixée par des goujons et sur cette chemise sont enfilés trois coussinets cylindriques superposés, séparés par un petit jeu qui pendant la marche est rempli par de l'huile sous pression pénétrant par des trous *ad hoc*.

L'usure de pareils coussinets est très faible, puisqu'ils peuvent tourner l'un par rapport à l'autre sur des couches d'huile et, d'autre part, ils donnent à l'arbre une élasticité suffisante pour qu'il puisse se centrer sur son centre de gravité.

Fonctionnement en surcharge.

Une arrivée spéciale de vapeur permet d'admettre directement de la vapeur vive dans chaque réservoir intermédiaire et, par suite, d'augmenter la puissance de la machine sans que son rendement varie sensiblement.

Mode d'admission de la vapeur.

La quantité de vapeur admise dans la turbine est automatiquement réglée d'après la charge, au moyen d'une soupape d'admission à mouvement rythmé d'ouverture et de fermeture ayant des durées variables suivant la charge, celle d'ouverture augmentant, et celle de fermeture diminuant avec cette dernière.

La vapeur ne traverse donc pas d'une manière constante la soupape d'admission, mais par bouffées rythmées dont le nombre varie de 150 à 250, suivant la puissance de la turbine et dont la durée est réglée par l'action d'un régulateur mécanique très sensible ou, dans les derniers types, par un régulateur électrique.

L'ouverture de la soupape d'admission est commandée par un petit servo-moteur dont le piston est soulevé par une admission de vapeur à l'aide d'un dispositif commandé par le régulateur.

Les périodes plus ou moins longues d'admission s'obtiennent par le réglage du ressort antagoniste qui tend à fermer la grande soupape d'admission à la turbine ; mais il n'y a pas étranglement de vapeur, la soupape s'ouvrant et se fermant alternativement toujours de la même quantité.

Pompe a huile.

La pompe à huile, très simple, est généralement commandée par le harnais du régulateur. Cependant, dans quelques types de turbines, elle est commandée directement ou à l'aide de courroie par l'arbre même de l'appareil.

Équilibrage des parties tournantes.

L'équilibrage des parties tournantes est exécuté aussi soigneusement que possible, mais, comme dans toutes les turbines, il est très difficile à réaliser complètement.

Pour diminuer l'influence des différences de poids, l'ensemble des parties tournantes est relativement lourd, sans que cette disposition paraisse avoir d'inconvénient sérieux, étant données la large surface de portage des coussinets et les dispositions prises pour le centrage des parties tournantes sur leur axe de gravité.

Telles sont sommairement les différentes parties d'une turbine Parsons à écoulement axial destinée au service de terre.

C'est certainement le type le plus répandu.

Turbines radiales.

Cependant, il a été construit un certain nombre d'appareils radiaux centripètes et centrifuges (*fig. 8*), mais la construction

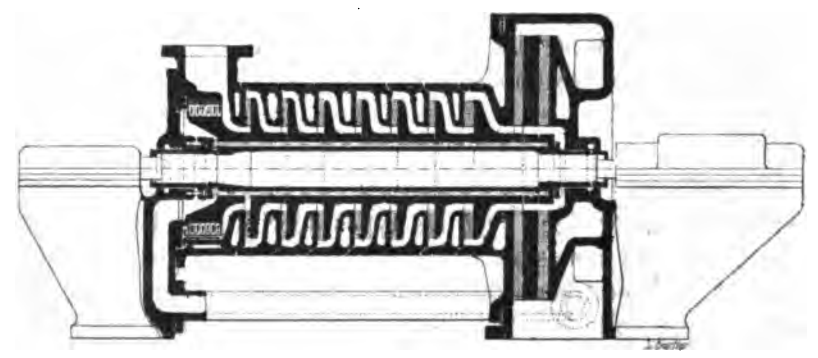


Fig. 8.

en est plus compliquée, le volume des espaces morts y est plus considérable et les sinuosités du parcours de la vapeur sont une cause de pertes. Aussi ces types sont-ils réservés à des usages spéciaux et n'existent-ils qu'en petit nombre.

Turbine a vitesse réduite.

Enfin M. Parsons a fait breveter l'année dernière une turbine à vitesse réduite de rotation représentée par la figure 9.

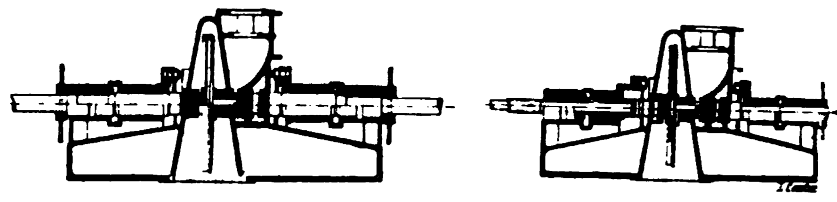


Fig. 9.

Dans cet appareil le distributeur et la roue unique à aubes sont tous deux mobiles, mais tournant en sens inverse, de sorte que la vitesse de rotation de chacun d'eux n'est que la moitié de la vitesse d'écoulement de la vapeur.

C'est une disposition ingénieuse, mais assez compliquée; elle ne paraît guère pouvoir être employée que pour les petites puissances.

La seconde disposition indiquée par la figure 9 a ses deux arbres concentriques et sortant du même côté de la turbine. Cet appareil pourrait donc être avantageusement utilisé dans certains cas, s'il n'était pas si compliqué.

Tels sont les différents types de turbines Parsons destinés au service de terre, mais il en existe d'autres exclusivement destinés à la propulsion des navires.

Ces derniers appareils sont généralement de puissance plus considérable que les appareils de terre.

Turbines de mer.

Les turbines Parsons destinées au service de mer présentent de notables différences avec les types décrits plus haut.

La principale consiste dans la suppression des pistons d'équilibre, la poussée axiale de la vapeur étant directement contrebalancée par celle des propulseurs qui agit en sens inverse. La construction y gagne donc en simplicité, point important quand il s'agit d'appareils destinés à être placés à bord d'un navire. L'équilibre des deux poussées permet de plus de supprimer le palier de butée, si encombrant et si sujet à avaries, que nécessitent les machines alternatives, tout en réduisant les résistances passives de l'appareil.

Une seconde différence tient au mode d'admission de la vapeur qui, dans ces turbines, est continu au lieu d'être rythmé, la régularité nécessaire aux turbines commandant des dynamos n'ayant plus besoin d'être aussi rigoureuse pour commander des hélices.

Enfin, les appareils destinés à la propulsion des navires étant généralement puissants, l'étagement des séries de roues mobiles est beaucoup plus fractionné, de manière à permettre plus facilement l'accroissement des sections de passage de la vapeur, accroissement nécessité par le taux énorme de détente qu'on obtient dans ces turbines.

Turbine marine simple.

La figure 10 donne les différentes vues d'une turbine marine

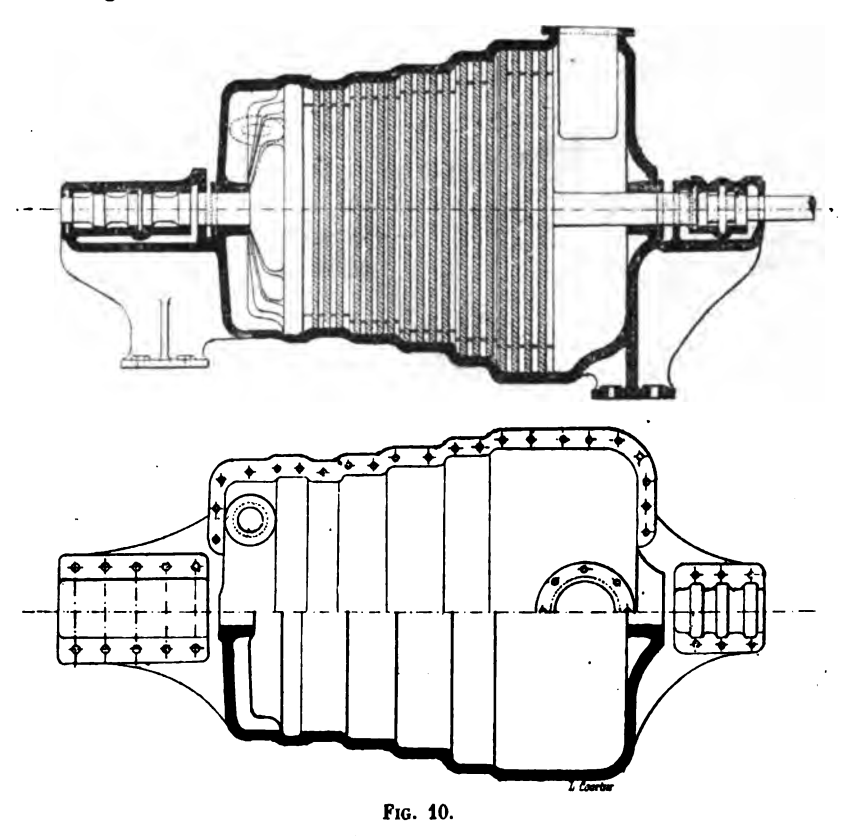


Fig. 10.

simple, c'est-à-dire marchant dans un seul sens. Son fonctionnement est d'ailleurs le même que celui des turbines de terre.

Comme toutes les turbines marines, elle est à écoulement axial, en raison de la simplicité de construction.

Les divers détails de paliers, de presse-étoupes et de dispositions accessoires sont à peu près les mêmes que sur les turbines de terre, mais en différant cependant un peu, car ils sont plus robustes, ce qui est nécessité par la puissance des appareils.

Turbine de marche avant et arrière.

Comme la marche arrière est indispensabble à bord des navires, M. Parsons, au lieu d'avoir deux turbines simples à mouvement inverse commandant le même arbre, a imaginé de les réunir dans une même enveloppe.

Différentes dispositions peuvent être employées.

Première disposition. — La première, représentée figure 11, montre les deux turbines disposées à la suite l'une de l'autre. Les deux

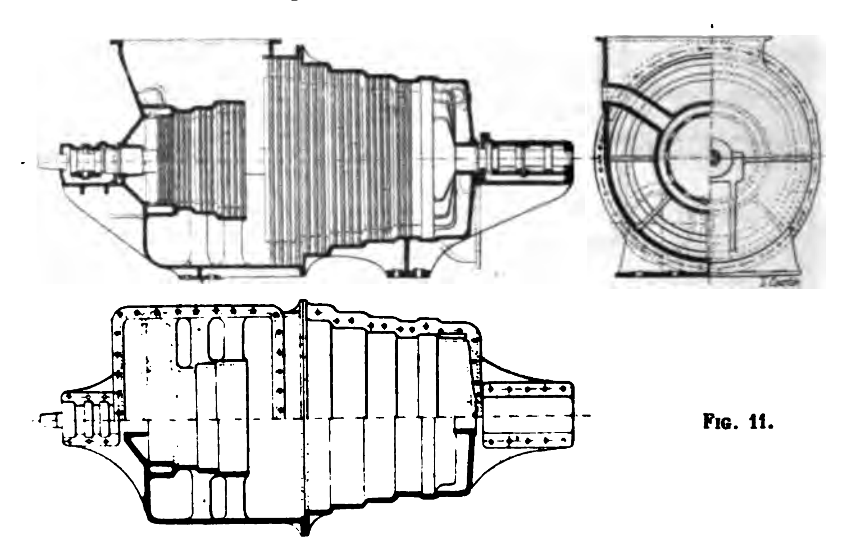


Fig. 11.

arrivées de vapeur sont manœuvrées par un appareil unique qui ouvre l'une ou l'autre, sans qu'il soit possible de les ouvrir simultanément. Le renversement de marche est donc réalisé très facilement.

Dans ce cas, les turbines sont d'un type simple et opposées par leurs plus grandes roues ou roues d'échappement, qui font échapper la vapeur dans le même espace d'où elle se rend au condenseur.

Cette disposition augmente la longueur des turbines, surtout si la puissance de la turbine de marche arrière est considérable par rapport à celle de marche avant, mais la longueur occupée est cependant moins considérable qu'avec deux turbines séparées.

Deuxième disposition. — La disposition indiquée figure 12 permet de réduire la longueur, mais par contre a l'inconvénient de ré-

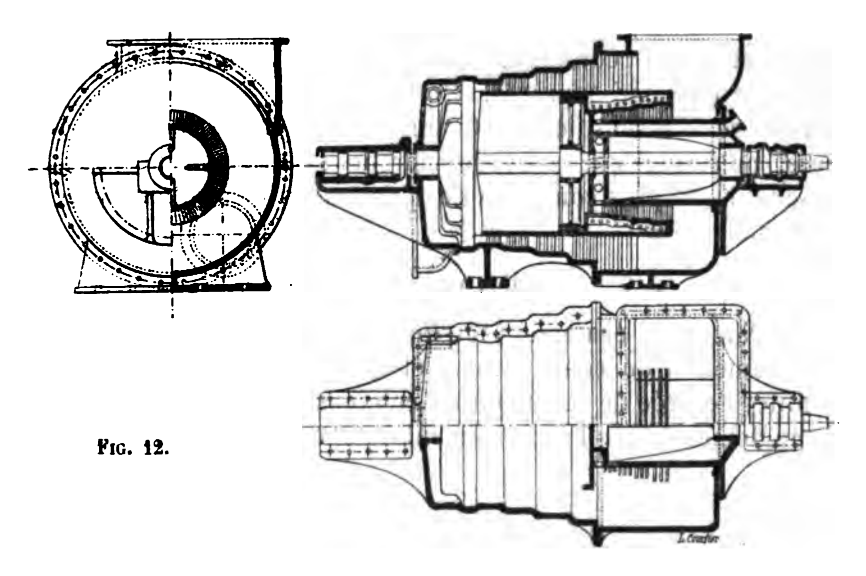


Fig. 12.

duire la puissance de la turbine de marche arrière, à moins de la faire déborder beaucoup sur celle de marche avant.

Dans cette installation, la turbine de marche avant reste ce qu'elle est ordinairement, mais reçoit à l'intérieur la turbine de marche arrière dont l'étagement des roues est dans le même sens, mais dont les aubes sont orientées en sens inverse de celles de la turbine de marche avant.

Toutefois, comme l'enveloppe de la turbine de marche arrière est formée avec la partie tournante de la turbine de marche avant, c'est elle qui reçoit les aubes mobiles, les aubes fixes étant disposées sur un manchon venu de fonte avec l'enveloppe générale et placé du côté de l'échappement de la turbine de marche avant.

Cette disposition permet de gagner une longueur appréciable, mais présente, ainsi qu'il a été dit, l'inconvénient de limiter la puissance de la turbine de marche arrière.

Troisième disposition. — Enfin, il existe une troisième disposition de turbines de marches avant et arrière combinées (*fig. 13*)

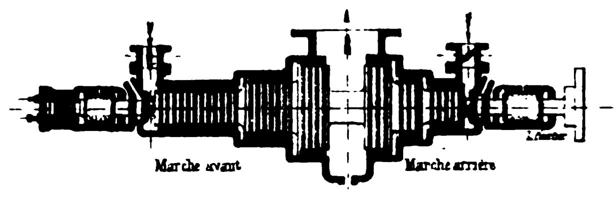


Fig. 13.

qui n'est que la réunion dans une même enveloppe de deux turbines de marches opposées.

Dans cette disposition, la turbine de marche arrière peut être aussi puissante que celle de marche avant, mais l'espace en lougueur est plus considérable qu'avec les dispositions précédentes.

Turbine a condensation.

M. Parsons a également fait breveter une turbine accouplée directement à un condenseur. Cette disposition a l'avantage de faciliter l'entrée de la vapeur au condenseur en supprimant tout étranglement après l'échappement de la dernière roue; mais elle

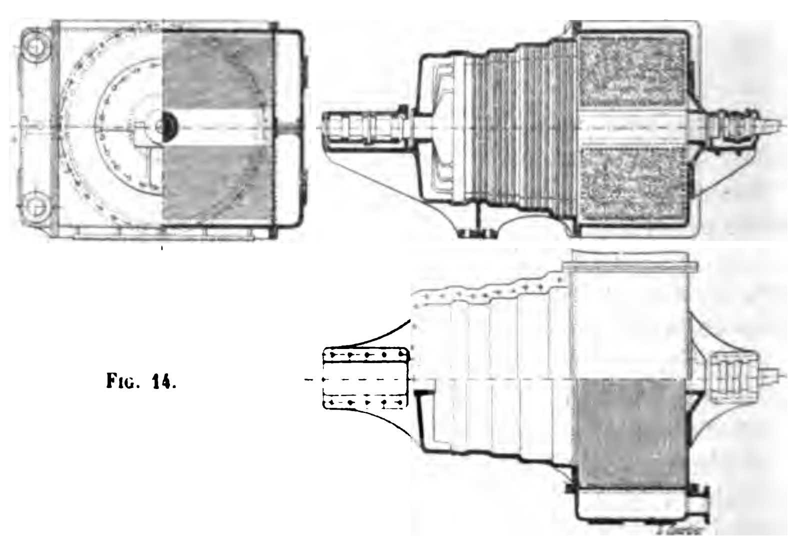


Fig. 14.

ne comprend qu'un sens de marche. On pourrait cependant, en faisant traverser le condenseur par l'arbre, monter deux turbines de marches opposées sur les deux faces du condenseur (*fig. 14*).

Installations diverses des Turbines Parsons.

Les installations dans lesquelles sont employées les turbines Parsons sont extrêmement nombreuses, tant à terre qu'à bord des navires, et quelques-unes sont très puissantes.

Avant de les passer en revue, les figures 1 et 2 *(Pl. 73)* donneront une idée de la construction pratique de la turbine qui n'a été traitée jusqu'ici que schématiquement.

La figure 1 *(Pl. 73)* montre au premier plan l'intérieur de l'enveloppe supérieure démontée. On peut y voir les séries d'aubes directrices de diamètres croissants, qui y sont fixées ainsi que les presse-étoupes à labyrinthe dont il a été parlé plus haut.

L'enveloppe inférieure contient encore l'arbre et les roues mobiles dont on ne voit que la moitié, le joint des deux parties de l'enveloppe correspondant à l'axe de l'arbre et des roues mobiles.

A l'avant et en bas de l'enveloppe, on voit la disposition de la tuyauterie qui amène aux paliers de la turbine l'huile sous pression qui sert au graissage.

En dessous de l'enveloppe inférieure, se voit le tuyau de communication de la chambre d'échappement des pistons d'équilibre avec l'échappement de la turbine.

La figure 2 *(Pl. 73)* montre la partie tournante et permet de se rendre compte de la disposition du tambour étagé de diamètres croissants portant les séries d'aubes mobiles qui y sont fixées à queue d'aronde.

Aux deux extrémités de l'arbre se voient les cannelures des presse-étoupes à labyrinthe correspondant à celles des boîtes à étoupes de l'enveloppe.

Ces dispositions, avec quelques variantes, se trouvent dans toutes les installations qui vont être décrites ci-après, en commençant par les installations de terre.

Installation de Francfort-sur-le-Mein.

Les figures 3 et 4 *(Pl. 73)* représentent l'installation de Francfort-sur-le-Mein, vue du côté des turbines et du côté de l'alternateur.

La puissance de ce groupe électrogène, destiné à fournir le courant à des tramways, est de 3 200 kilowatts aux bornes, soit environ 5 000 chevaux indiqués.

L'ensemble du turbo-moteur a une longueur de 16 m sur une

largeur de 2,50 m. Sa hauteur totale ne dépasse pas ce chiffre, c'est-à-dire que toutes les pièces en sont facilement accessibles. L'intérieur même de la turbine est visitable en soulevant, à l'aide d'un transbordeur qui existe dans la salle, la partie supérieure de l'enveloppe.

Le turbo-moteur se compose de deux turbines montées en tandem et séparées par un large palier complètement extérieur aux turbines ainsi du reste que les paliers des extrémités.

Sur la turbine d'admission, on voit tout à fait à l'arrière (*fig. 3, Pl. 73*) le régulateur d'admission monté au-dessus du palier extrême, dans une boite à huile, et commandé par un harnais hélicoïdal installé sur l'extrémité de l'arbre même de la turbine; le régulateur commande à l'aide d'une tringle, la soupape d'admission, qui est elle-même montée sur une boite d'admission où l'arrivée de la vapeur est réglée par un volant.

Au-dessus de la turbine et vers son milieu se voit le volant de commande de l'admission directe pour la marche en surcharge.

La seconde turbine Parsons ne comporte pas ces appareils, mais porte une tubulure d'échappement de grande dimension, permettant à la vapeur de se rendre au condenseur disposé en dessous du turbo-moteur dans les fondations qui le supportent.

Le poids de la partie tournante est de 9 t pour les turbines et de 11 t pour la dynamo, soit 20 t en tout, ce qui ne représente guère que 1/7 du poids des parties tournantes d'une installation avec machine alternative de même puissance.

Cette dernière, en prenant comme point de comparaison la machine Sulzer à soupapes, c'est-à-dire un des meilleurs types connus, pèserait 400 t, alors que le turbo-moteur ne pèse que 66 t, soit à peu près le 1/6 de la première.

Ce turbo-moteur, qui d'après le contrat de garantie devait consommer 7,2 kg par kilowatt (soit environ 8 kg par cheval effectif) avec une pression de 12,8 kg surchauffée à 300° et charge de 2600 kilowatts, n'a consommé aux essais que 6,7 kg à 7,2 kg par kilowatt (7,4 kg à 8 kg par cheval effectif), soit en supposant un rendement de 80 0/0, ce qui est peu, aux turbines 5,9 kg à 6,4 kg par cheval indiqué.

La garantie a donc été réalisée.

La figure 16, qui montre les fondations des différentes installations dans la même salle, permet de juger du gain réalisé comme emplacement par l'emploi des turbo-générateurs Parsons.

L'espace horizontal occupé par la turbo-génératrice de 5 000 ch n'est guère en effet que le dixième environ de celui occupé par les installations électriques commandées par des machines horizontales, qui ne développent cependant qu'un peu moins du double de sa puissance, 9 000 chevaux.

A égalité de puissance, l'espace occupé par la turbo-génératrice n'est donc que le cinquième environ de celui occupé par des installations électriques commandées par des machines horizontales.

La figure 5 *(Pl. 73)* donne la vue de la salle des machines.

La ville de Francfort, satisfaite des résultats obtenus, vient de commander un second groupe de même puissance. Il en est de même de la ville d'Essen.

Installation de Milan.

La figure 6 *(Pl. 73)* montre la disposition, dans la salle de l'usine de la Porta Volta à Milan, de deux turbo-moteurs de 2 000

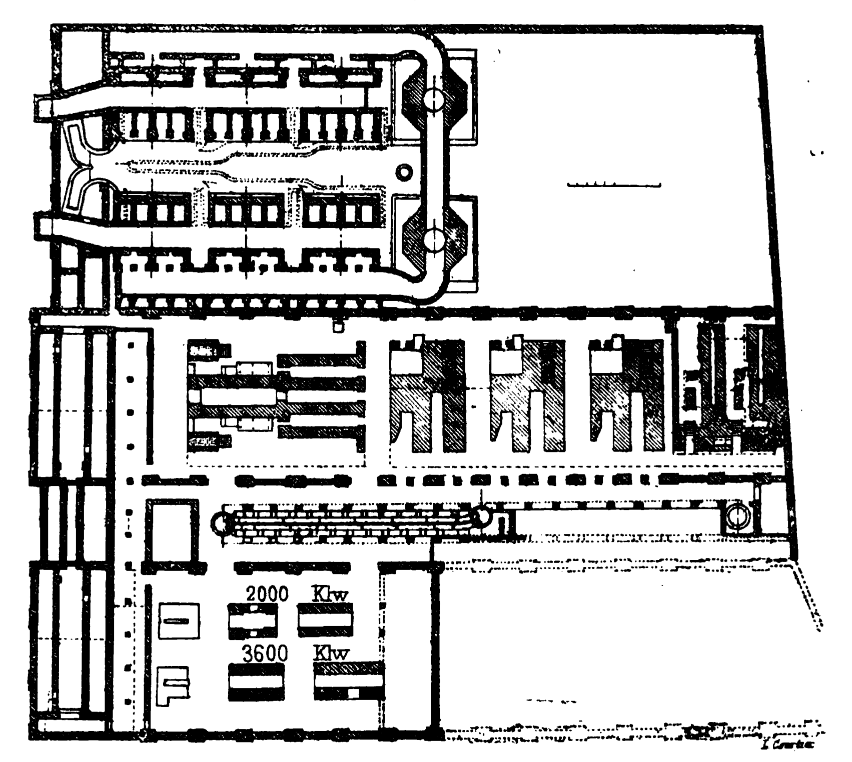


Fig. 15.

et 3600 kilowatts. Les turbines ne diffèrent que par quelques détails de celles de Francfort, mais cette installation permet de voir la différence d'emplacement occupé par les turbines et de celui occupé par les machines alternatives.

La figure 15, qui donne l'ensemble des fondations des diverses machines de l'usine et leur disposition, montre que pour une puissance de 2 000 kilowatts actionnée par des machines horizontales Sulzer et Tosi, l'emplacement occupé est plus de deux fois celui demandé par une installation à turbines de 5600 kilowatts, soit deux fois et demie plus puissantes.

A puissance égale, le gain de surface occupée ressortirait donc aux 4/5 de l'espace occupé par les machines horizontales.

La consommation garantie pour cette installation était de 7,1 kg par kilowatt, mais la consommation réelle n'a été que de 6,8 kg, ce qui correspond à 5 kg par cheval électrique aux bornes, et à environ 4 kg par cheval indiqué.

Installation de Coire.

La figure 7 *(Pl. 73)* représente une petite turbine de 300 kilowatts de la ville de Coire. Cette turbine a les mêmes organes que les précédentes, mais la figure la montre dépouillée de son enveloppe isolatrice, ce qui permet de voir la forme réelle de l'enveloppe en fonte.

On peut également y remarquer la grande importance donnée au palier extérieur de la turbine ainsi que le volant de commande de l'admission directe pour la marche en surcharge.

Le mécanisme du régulateur y est très apparent et permet de se rendre compte de son fonctionnement, bien qu'on ne voie pas les bielles de commande de la valve d'admission de vapeur dans la turbine.

Installation d'Indret.

La figure 8 *(Pl. 73)* représente l'installation à l'établissement national d'Indret d'une turbo-génératrice de 200 kilowatts (375 ch). La turbine est du type ordinaire, mais la disposition des deux machines électriques, montées en tandem sur le même arbre, est assez rare.

On remarquera l'importance du palier monté entre ces deux génératrices, ainsi que celle du tuyautage destiné à amener le graissage et celui des autres paliers.

La consommation de cette turbine a été de 10,58 kg par kilowatt (7,8 kg) par cheval effectif aux bornes, et 7,17 kg environ sur l'arbre à charge complète. A mi-charge, elle a été de 12,70 kg par kilowatt, soit 10 0/0 seulement, et au tiers de charge, de 14,5 kg par kilowatt, soit 36 0/0 de plus qu'en charge normale.

Installation de Heidelberg.

La figure 9 *(Pl. 73)* représente l'installation d'une turbo-génératrice de 180 kilowatts (245 ch) à l'usine électrique de Heidelberg. Cette installation reproduit les dispositions déjà connues par les installations précédentes. Elle permet toutefois de comparer la différence d'encombrement entre la turbo-génératrice et une machine génératrice commandée par un moteur à pilon, machine génératrice un peu plus faible que celle commandée par le turbo-moteur.

On peut voir sur cette figure combien la visite et l'entretien des appareils sont plus commodes et par suite moins coûteux avec les turbo-génératrices qu'avec des machines alternatives.

Installation de Puteaux.

Les figures 10 et 11 *(Pl. 73)* représentent les installations de groupes de turbo-génératrices de 1 100 à 1 800 kilowatts dans l'usine de la Société de l'Ouest-Lumière à Puteaux.

La figure 16 permet de comparer l'encombrement de la turbo-génératrice de 1 100 kilowatts avec des génératrices commandées par des machines horizontales de 800 kilowatts seulement. Comme précédemment, l'avantage est tout entier aux turbo génératrices.

La figure 16, qui donne en plan l'ensemble de la salle des machines, permet de même de juger de l'encombrement horizontal.

Celui-ci n'est pour les deux turbo-générateurs développant 2 900 kilowatts que le tiers de celui occupé par les génératrices à moteur horizontal, qui développent à peu près la moitié moins de puissance.

A égalité de puissance, l'espace horizontal occupé serait donc d'environ un cinquième, comme à Francfort-sur-le-Mein.

Il faut ajouter qu'en service courant, il résulte de renseignements recueillis que la production de kilowatts est plus écono-

mique avec les turbo-moteurs qu'avec les machines horizontales.

La figure 23 montre bien les diverses dispositions de la turbine

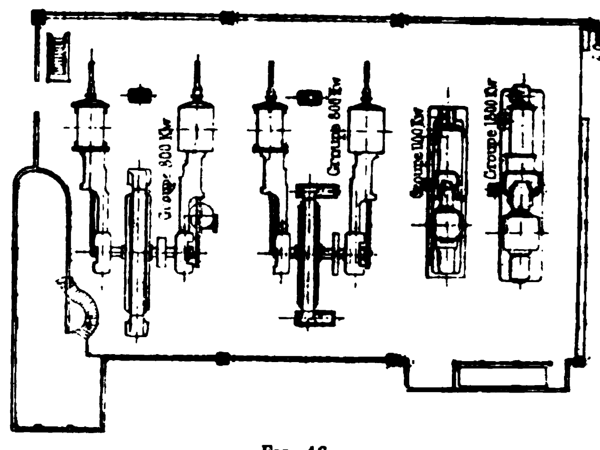


Fig. 16.

et principalement la commande de l'admission de vapeur au régulateur de la turbine.

Installation de Saint-Ouen.

La figure 17 représente les dispositions générales de l'installation d'un groupe de 40 000 kilowatts à Saint-Ouen en ce moment en cours de construction.

Ce sera probablement, quand elle sera terminée, la plus puissante installation mue par des turbines.

Actuellement on ne va construire que la moitié de l'usine, soit celle correspondant à 20 000 kilowatts.

Les deux figures montrent la disposition adoptée. Les turbomoteurs alternateurs sont disposés symétriquement au-dessus de leurs condenseurs, qui sont desservis par des pompes à air et des pompes de circulation groupées entre les deux séries de turbo-génératrices.

Toutes ces pompes sont elles-mêmes commandées électriquement.

La figure 27 qui montre en détail toute cette installation se rapporte au projet primitif moins puissant que celui en exécution.

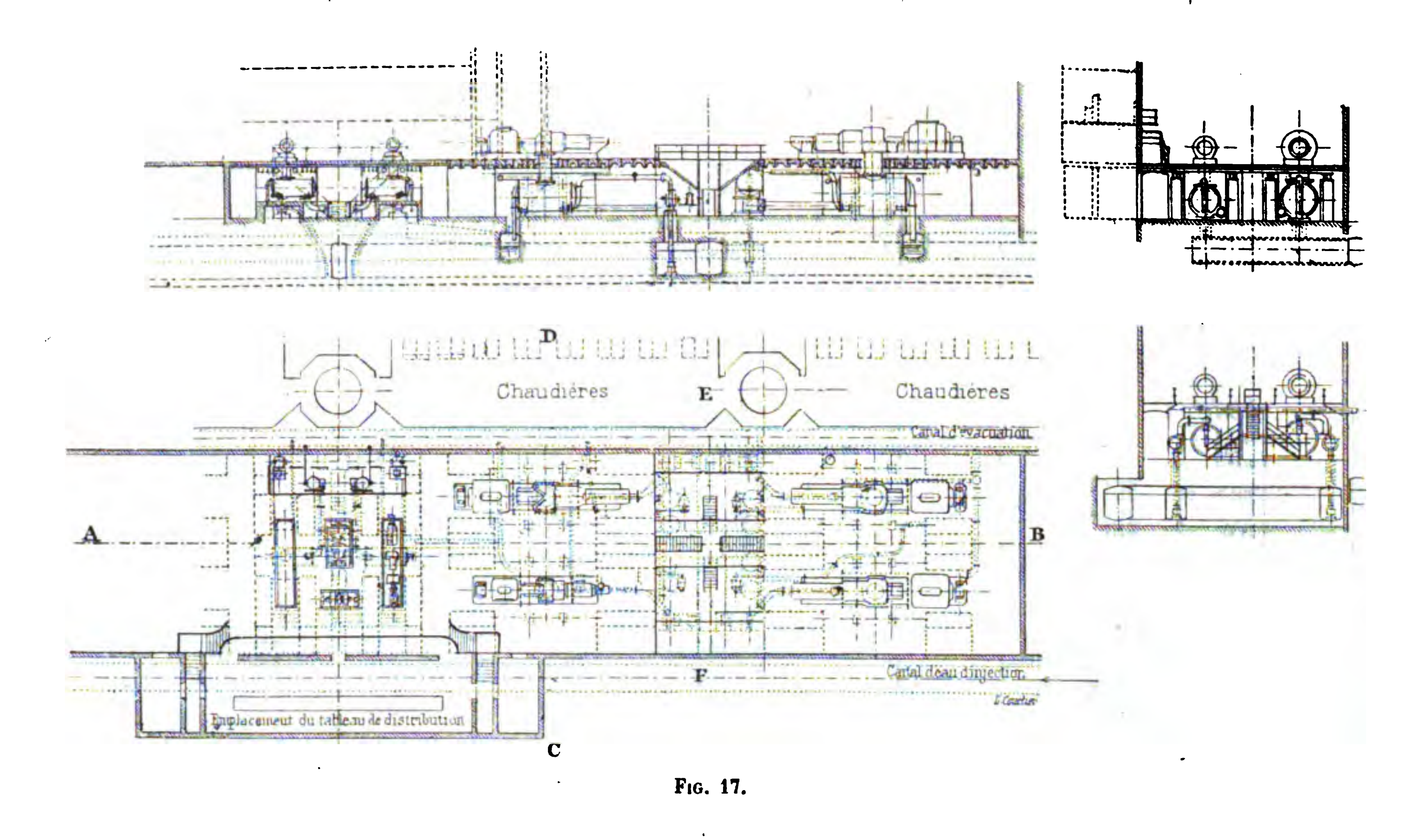

D
Chaudières
E
Chaudières
Canal d'évacuation
A
B
F
Canal d'eau d'injection
Emplacement du tableau de distribution
C

Fig. 17.

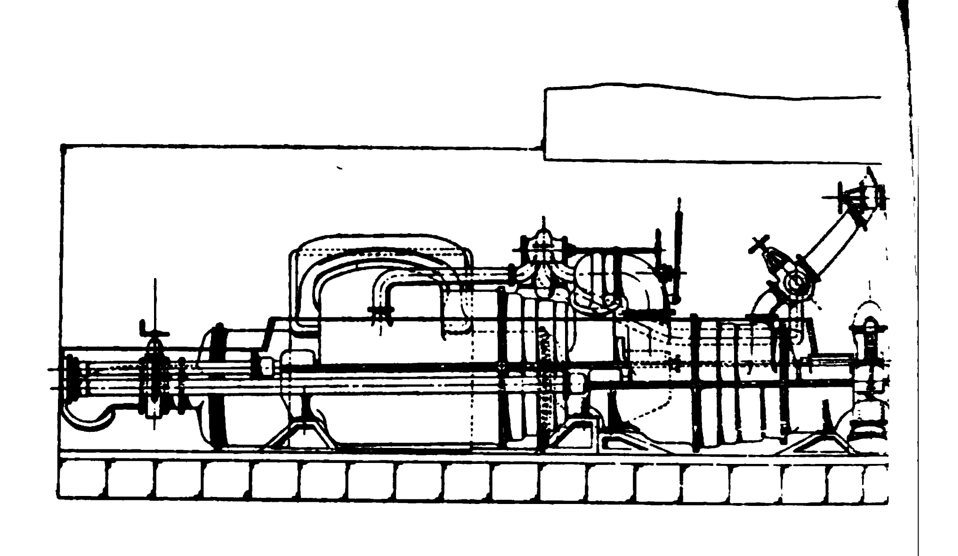


Fig. 18.

La puissance des turbines a été largement accrue mais la disposition est restée absolument la même.

Cette figure fait voir qu'entre les deux groupes de 20 000 kilowatts projetés, se trouve le tableau de distribution, deux turbo-génératrices de 200 kilowatts pour l'excitation des groupes de 20 000 kilowatts, un moteur générateur de 250 kilowatts et aussi un survolteur.

L'installation de cette usine sera donc absolument complète. Les turbo-générateurs de 5 000 kilowatts destinés au premier groupe de 20 000 kilowatts sont actuellement en construction.

Nous allons maintenant passer en revue les principales installations réalisées sur les navires en signalant les points particuliers dignes d'observation, et en donnant les résultats obtenus, tant au point de vue de la vitesse que de la consommation de vapeur, quand il y a eu des essais exécutés.

La figure 18 représente une des dispositions générales primitivement étudiées par M. Parsons ; elle fonctionne de la manière suivante :

Dans cette installation qui a été étudiée pour 12 000 ch, il y a trois arbres porte-hélices 1, 2, 3 et celui placé dans l'axe du navire par la turbine à haute pression, et les deux arbres extérieurs par deux turbines à basse pression.

Dans les mêmes enveloppes que celles-ci sont disposées deux turbines de marche arrière, tournant à vide pendant la marche avant et toujours en communication avec les condenseurs.

Applications.

La plus ancienne application des turbines Parsons à la propulsion des navires est celle réalisée sur *la Turbinia*, bateau d'expériences construit aux frais d'un syndicat pour l'étude des diverses questions se rattachant à l'emploi des turbines pour la propulsion des navires.

La Turbinia *(fig. 19)*.

Sa construction fut commencée en 1894. *La Turbinia* était nécessairement un navire de dimensions réduites, pour que les modifications qui y seraient reconnues nécessaires ultérieurement ne fussent pas très coûteuses.

Caractéristiques.

Ses caractéristiques étaient les suivantes (1).

Longueur entre perpendiculaires .	30,48 m
Largeur au fort	2,74 m
Profondeur de carène	2,10 m
Tirant d'eau de la carène	0,91 m
Déplacement	44,5 tx

Coque.

La coque en tôle d'acier avait 4,8 mm d'épaisseur dans les fonds et 1,6 mm dans les hauts et aux extrémités.

Elle était partagée en cinq compartiments étanches par des cloisons transversales. Sa construction était très légère.

Appareil évaporatoire.

L'appareil évaporatoire était constitué par une chaudière à tubes d'eau, du type Yarrow double ended avec deux portes de foyer à chacune de ses extrémités.

La pression de régime était de 15,800 kg, la surface de grille était de 3,90 m² et la surface de chauffe de 102 m.

La chauffe avait lieu en vase clos et la pression de vent nécessaire était formée par un ventilateur commandé d'abord par l'arbre de la turbine unique, puis plus tard par celui de la turbine à haute pression.

Les deux chambres de chauffe étaient très exiguës, surtout en hauteur, et le service y était très pénible.

Moteur.

Primitivement le moteur était constitué par une turbine unique pouvant développer 1 500 ch à 2 500 tours. Le condenseur de grandes dimensions et divisé en deux pour diminuer l'encombrement vertical, avait une surface refroidissante de 390 m².

(1) Voir *Bulletin de l'Association technique maritime*, année 1898, p. XXXI, les données et restitutions des lignes de la carène de *La Turbinia*, par M. Minel.

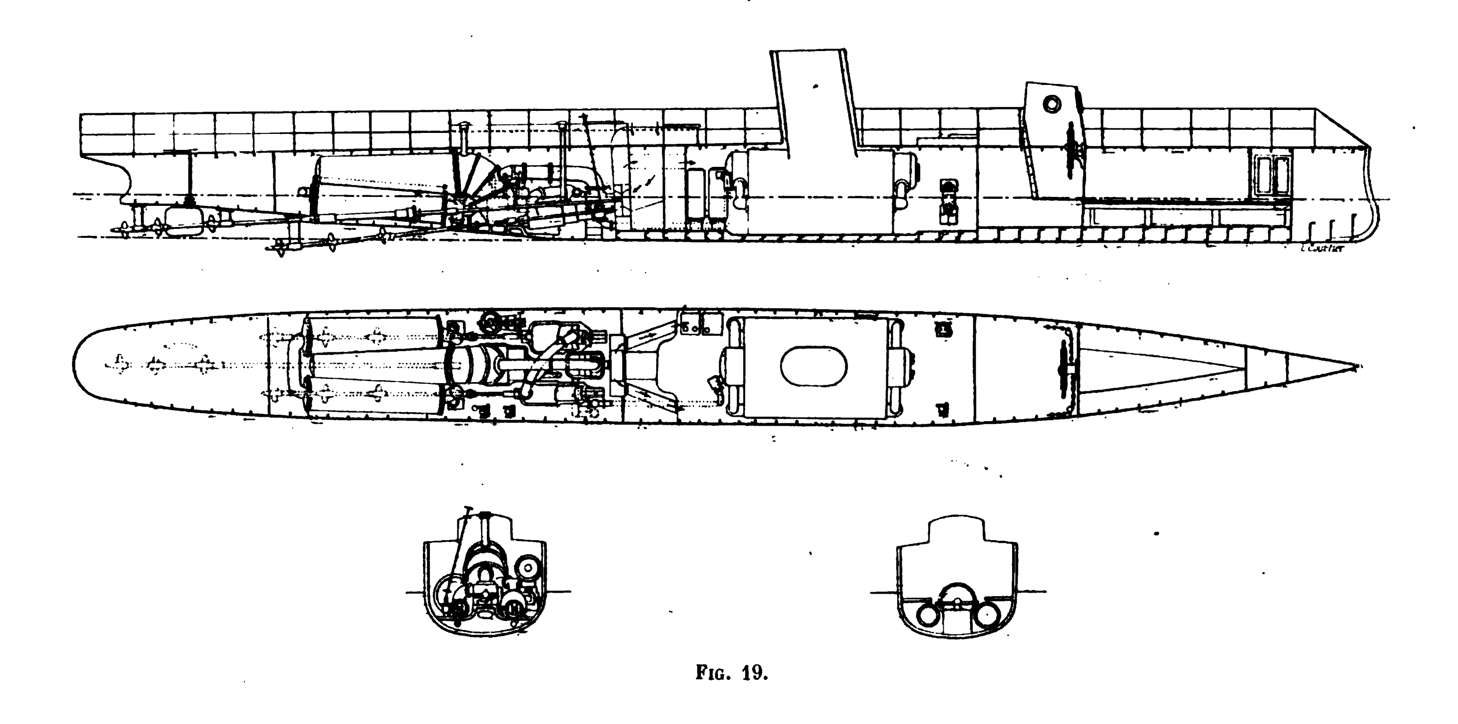


Fig. 19.

La circulation s'y faisait par sillage, à l'aide de cuillers extérieures reversibles, pouvant fonctionner dans les deux sens en marche.

La machinerie auxiliaire comprenait une pompe air principale, une par la turbine elle-même et une autre indépendante pour fonctionner en stationnement ou au départ, une pompe alimentaire de service et une de réserve, une petite pompe à huile pour le graissage sous pression des paliers de turbines, un éjecteur ordinaire de cale et le ventilateur dont il a été parlé.

Il existait à bord une caisse à eau douce de 1 140 l.

Poids.

La répartition du déplacement était la suivante :

Turbine	3,710 t
Machinerie complète, condenseur, eau, arbres, propulseur, chaudière	18,640 t
Coque complète	15,240 t
Charbon et eau de réserve	7,610 t

Disposition primitive.

Les essais tentés avec la turbine unique commandant un propulseur de diamètre relativement grand ne donnèrent pas de bons résultats.

On se heurta aux difficultés causées par la cavitation, phénomène consécutif de la grande vitesse de rotation du propulseur, qui venait seulement d'être révélé par l'insuccès des essais du *Daring*.

Il y eut sur *la Turbinia*, comme on l'avait constaté sur le contre-torpilleur *Daring* muni des machines ordinaires, une énorme perte de puissance et l'emploi d'un dynamomètre de torsion intercalé entre la turbine et le propulseur montra que cette perte venait du mauvais fonctionnement de ce dernier.

Expériences sur la cavitation.

M. Parsons entreprit alors, sur des modèles d'hélices tournant à différentes vitesses, une série d'essais dont la conséquence fut le remplacement de la turbine unique par trois autres à

haute, moyenne et basse pression, montées en série et commandant trois arbres qui reçurent chacun trois propulseurs de 0,457 m de diamètre, suffisamment espacés pour qu'il n'y ait pas lieu de craindre qu'ils ne réagissent l'un sur l'autre.

Disposition de 1896.

La nouvelle disposition adoptée fut très favorable au travail des turbines, tout en limitant au tiers du travail total le travail de chacune d'elles et celui de l'arbre qu'elle commandait.

Le taux de détente de la vapeur de l'entrée de la turbine H.P. à la sortie de celle B.P. s'éleva à 150, la pression d'entrée dans la turbine H.P. étant de 11,950 kg.

D'autre part, la réduction apportée au diamètre des propulseurs les rapprochait des conditions ordinaires de fonctionnement. Les hélices étaient à pas constant, avec ailes légèrement inclinées sur l'arrière. Les arbres porte-hélices avaient eux-mêmes une certaine pente, de sorte que les propulseurs les plus en arrière travaillaient partiellement dans de l'eau non troublée.

La figure 19 représente la disposition adoptée jusqu'à l'année dernière pour les turbines et propulseurs. A part les changements indiqués plus haut, la machinerie resta ce qu'elle était primitivement.

Disposition de 1903.

A la suite de nouvelles recherches exécutées de 1901 à 1903 sur *la Turbinia*, M. Parsons, frappé de l'utilisation médiocre des propulseurs de petit diamètre tournant à grande vitesse, chercha à augmenter le diamètre de ceux-ci en en réduisant le nombre. Après un certain nombre de tentatives, il réussit, sans diminuer sensiblement le rendement de la turbine, à diminuer le nombre de tours, augmenter le diamètre des propulseurs et réduire leur nombre à trois, un par arbre. Dans ces conditions la vitesse de *la Turbinia* et l'utilisation des turbines restèrent, à très peu de chose près, les mêmes.

A la suite de ces constatations, le nombre des propulseurs fut réduit à trois, un par arbre pour les paquebots *Queen* et *Brighton* alors en construction et aujourd'hui en service. Les résultats qu'ils ont donné confirment d'une manière pratique les recherches de M. Parsons.

Les arbres porte-hélices sont disposés sur *la Turbinia* conformément à la pratique courante, et leurs supports ont leurs paliers garnis de gaïac.

Les trois turbines sont fixées directement sur le carlingage et les membrures. Cette disposition est rendue possible par l'équilibrage de la poussée de la vapeur par celle des hélices. La faible hauteur de l'axe des turbines au-dessus du plan de pose, en réduisant le bras de levier, facilitait encore ce montage, et aucun ébranlement ne fut constaté, malgré la légèreté de la construction de la coque et l'importance de la puissance demandée.

Les trépidations furent nulles à toutes les allures et l'écoulement régulier de la vapeur dans les turbines évita tout entraînement d'eau, malgré la petitesse relative de la chaudière pour la puissance développée.

Enfin, même par un mauvais temps, il ne se produit pas d'effet gyroscopique appréciable.

Le graissage des paliers des turbines, complètement extérieurs à celle-ci, était assuré par de l'huile sous 0,7 kg de pression à l'aide d'une pompe à huile commandée par les pompes à air. Au départ, avant que les turbines soient mises en mouvement, ce graissage sous pression était réalisé à l'aide d'une petite pompe à main.

Le seul soin à prendre pendant la marche pour les turbines était de régler le filet de vapeur assurant l'étanchéité des presse-étoupes de sortie des arbres des turbines.

Essais.

Des essais exécutés en Décembre 1896 à 2 500 tours donnèrent une vitesse de 29,6 nœuds, mais l'utilisation des hélices n'était pas satisfaisante. Les propulseurs furent changés et de nouveaux essais exécutés en avril 1897 donnèrent une vitesse de 31,5 nœuds soutenue pendant deux heures et même une vitesse de 34,5 nœuds sur un parcours de 5 milles marins.

La puissance réalisée, dont la mesure directe était impossible, fut calculée par la méthode Fraade à l'aide d'expériences de modèles exécutés à Heaton Works.

Le calcul la fit évaluer à 946 ch effectifs, ce qui correspondrait, en admettant un rendement de 60 0/0 pour les organes extérieurs, à 1 576 ch indiqués pour la vitesse de 31 nœuds.

CONSOMMATION D'EAU.

La consommation d'eau fut déterminée à l'aide de compteurs Siémens préalablement tarés.

Elle fut mesurée à trois reprises différentes à la vitesse de 28 nœuds, et la consommation à 31 nœuds fut déduite de ces chiffres à l'aide des relations connues entre la pression, le nombre de tours et la consommation d'eau à des vitesses déterminées.

Cette consommation fut approximativement de 11340 kg à l'heure, ce qui correspondrait à 12 kg par cheval effectif et 7,20 kg par cheval indiqué.

Il faut remarquer que le rendement total admis de 60 0/0 suppose une très bonne utilisation des propulseurs, qui, au contraire, sur *la Turbinia* laissait un peu à désirer.

Le mode de calcul de la consommation peut prêter à la critique, par suite de l'absence de détermination directe de la puissance développée, mais le chiffre obtenu concorde avec ceux donnés par les turbines commandant les dynamos pour lesquelles la puissance peut se mesurer directement.

La consommation indiquée doit donc être très voisine de la consommation réelle.

Jusqu'à la vitesse de 15 nœuds, le fonctionnement des turbines de marche avant fut bon ; mais pour des vitesses plus faibles, il cessa d'être économique.

La turbine de marche arrière qui actionne l'arbre central (turbine H.P. de marche avant) peut donner au navire une vitesse de 6,5 nœuds et, à la vitesse de 30 nœuds, peut l'arrêter en 36 secondes, soit sur un parcours de 550 m. La mise en vitesse jusqu'à 30 nœuds demande 40 secondes quand le navire part du repos.

Les résultats donnés par *la Turbinia* attirèrent vivement l'attention, et bien que, comme l'a fait remarquer avec beaucoup de raison M. Bertin, le succès soit partiellement dû à l'excellence des formes du navire, le moteur y a, croyons-nous, joué le plus grand rôle.

Il eût été bien difficile, pour ne pas dire impossible, d'installer à bord une machine alternative pouvant donner au navire la vitesse réalisée. L'encombrement et le poids en eussent été trop considérables.

Si on se base sur les chiffres donnés plus haut, le coefficient d'utilisation M_1 de la formule $M_1 = \frac{v}{\sqrt[3]{\frac{F}{D^{\frac{2}{3}}}}}$ ressort à 6,2, ce qui est une très belle valeur pour un bâtiment aussi petit.

Cette première application des turbines à la propulsion des navires à grande vitesse fut donc des plus encourageantes. C'est à la suite de ces brillants résultats que l'amirauté anglaise commanda un contre-torpilleur *le Viper*, mû par des turbines; elle acheta ensuite au constructeur le similaire *Cobra*, qui déplaçait un peu plus *(fig. 20)*.

La machinerie de ces deux contre-torpilleurs fut construite par la Société Parsons des turbines marines, à Welsend on Tyne.

La coque du *Viper* a été construite par la Maison Hawthorne Leslie, et celle du *Cobra* par la Maison Armstrong Withworth.

Le programme indiqué par l'Amirauté était très large, seule la vitesse minima avait été fixée à 31 nœuds.

La disposition des turbines à bord de ces navires fut analogue à celle adoptée sur *la Turbinia*, mais il y eut quatre turbines, deux à haute pression, deux à basse pression, fonctionnant en deux séries réparties de chaque bord et commandant chacune un arbre porte-hélices.

Les deux turbines à basse pression, sur lesquelles étaient également montées les turbines de marche arrière, étaient les plus rapprochées de l'axe du navire, les condenseurs étant placés en abord.

Les supports des arbres d'hélices avaient les dispositions ordinaires et ceux-ci portaient chacun deux hélices. Le pas en était constant, mais celui de l'hélice arrière, qui travaillait dans de l'eau douée déjà d'une certaine vitesse vers l'arrière, était plus grand.

Comme sur *la Turbinia* la poussée des propulseurs était contrebalancée par celle de la vapeur sur les disques des turbines, sans interposition de palier de butée.

Voici les données principales des deux contre-torpilleurs, qui diffèrent légèrement par le déplacement et les dimensions de la coque, *le Cobra* étant un peu plus grand; mais la machinerie et les chaudières étaient les mêmes.

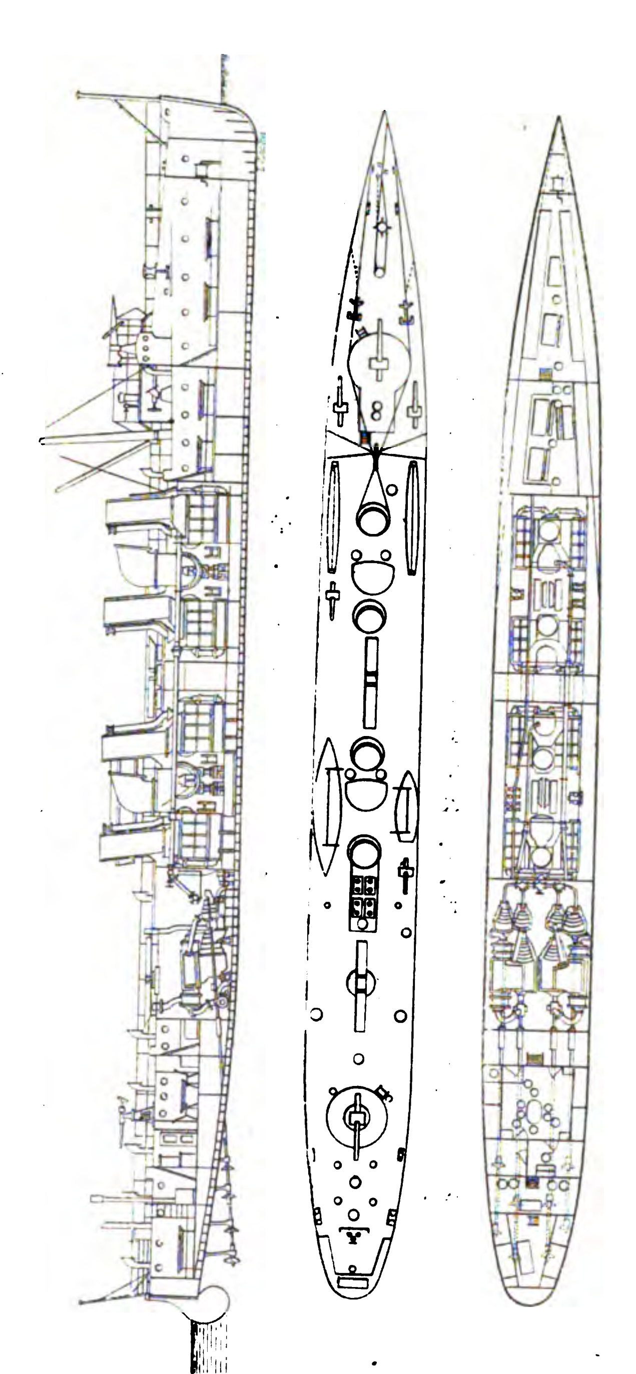


Fig. 20.

La figure 29 en donne les dispositions principales :

			Viper	Cobra
Longueur		m	63,60	68
Largeur		m	6,30	6,250
Creux sous le pont		m	3,80	»
Déplacement		tx	374,3	400
Chaudières	Surface de grille	m^2	25,265	25,265
	Surface de chauffe	m^2	1 393,5	1 393,5
	Pression de régime	kg	13,910	13,910
	Pression aux turbines H. P.	kg	12,300	12,300
Machines	Vide au condenseur	kg	0,685	0,685
	Surface refroidissante des condenseurs (1)	m^2	743	743
Nombre d'hélices			8	8
Propulseurs : Vitesse circonférentielle des hélices		m	50	50
Nombre de tours par minute			11 à 1 200	11 à 1 200
Vitesse réalisée et nœuds			36,5	34,89
Poids de l'appareil moteur	Machines (avec eau des condenseurs)	t	57,138	57,138
	Chaudières, tuyautage, eau	t	102,360	102,360
	Arbres, propulseurs, supports	t	7,826	7,826
Approvisionnements	Eau de réserve	t	3,720	3,720
	Combustible	tx	90	90

Trois embarcations de 7,600 m, 6,100 m et 4,100 m.

Ces deux contre-torpilleurs ont atteint respectivement des vitesses de 36,6 nœuds et 34,9 nœuds avec des puissances de 12 300 et 12 000 ch.

La consommation de combustible à 31 nœuds, les machines développant 8 200 ch, a été de 1,08 kg, au lieu de 1,20 kg, chiffre stipulé par le marché. La consommation est donc restée dans des limites très acceptables, étant donné que pour produire la puissance, les chaudières avaient dû être poussées à une allure de combustion de 310 kg par mètre carré de grille, allure bien défavorable à l'économie.

(1) Cette surface est faible pour la puissance demandée.

A faible vitesse, les turbines se sont montrées, par contre, peu économiques. A 15 nœuds, la consommation a été de 1,66 kg par cheval indiqué.

Ce chiffre montre que, comme on paraît pouvoir s'y attendre, l'utilisation des turbines à faible charge n'est pas avantageuse ; mais il faut remarquer que les arbres et propulseurs, appropriés aux grandes vitesses à réaliser, présentent, aux petites vitesses, une résistance trop considérable.

Si on compare les arbres et propulseurs du *Viper* ou du *Cobra* à ceux des contre-torpilleurs similaires de 30 nœuds, on constate que la surface d'ailes des propulseurs est beaucoup plus considérable, ce qui n'est pas seulement inutile, mais nuisible pour les vitesses réduites.

En réalité, les propulseurs étudiés en vue de grandes vitesses ne sont pas économiques aux vitesses réduites : aussi les comparaisons des navires rapides marchant à faible vitesse, avec d'autres de vitesse maxima moindre, sont-elles toujours délicates.

Si on rapporte le poids des chaudières, machines et propulseurs, à la puissance maxima développée, on arrive aux chiffres suivants :

Poids, par cheval indiqué, de l'appareil moteur et évaporatoire complet . . . . kg 13,6

Poids, par cheval indiqué, de l'appareil moteur et de la machinerie accessoire et propulseurs 5,3

Les machines du *Viper* et du *Cobra* étaient donc très légères.

Comme on le sait, le *Viper* et le *Cobra* se perdirent, cassés en deux par le travers des chaudières, leur construction était trop faible pour les poids qui y étaient accumulés.

L'Amirauté anglaise les a remplacés par un nouveau contre-torpilleur à turbines, le *Vélox*, actuellement en essai.

Ce contre-torpilleur présente cette particularité que sur le prolongement avant des arbres des turbines B. P. sont accouplées deux petites machines alternatives, pouvant être débrayées pour la marche en avant, et qui ne servent que pour les vitesses inférieures à 15 nœuds, tant pour la marche avant que pour celle arrière, en entraînant à vide les turbines qui, étant en communication avec le condenseur, n'opposent qu'une résistance très faible.

La figure 21 indique sommairement cette disposition.

Actuellement, la marine anglaise a encore en essais le croiseur de troisième classe *Amethyst*, qui est muni de turbines; la marine française, le torpilleur *N° 293*, et la marine allemande, également un torpilleur, un contre-torpilleur et un croiseur de troisième classe de 10 000 ch.

Le torpilleur *293*, construit par l'éminent constructeur M. A. Normand, a donné, aux essais du 11 mai, une vitesse de 25,7 nœuds, au lieu de 24 nœuds, vitesse stipulée par le marché. La consommation à 14 nœuds a été satisfaisante.

Ces constructions ferment la liste des navires de la marine militaire munis de ces moteurs. Par contre, depuis l'apparition du *Viper* et du *Cobra*, un certain nombre de paquebots et de yachts ont reçu des moteurs à turbines.

Le premier en date est le *King Edward* construit en 1901, par la maison Denny Brothers, de Dumbarton, à l'occasion de l'exposition de Glasgow, par une Société de navigation de la Clyde, présidée par le capitaine Williamson.

Ce navire a effectué, pendant toute la durée de l'exposition, et aussi pendant la plus grande partie de l'année dernière, le service de la Clyde, en concurrence avec la *Duchess de Hamilton*, le meilleur bateau à roues de la Clyde.

Il a été construit par la maison Denny Brothers, de Dumbarton, mais les moteurs proviennent de Walsend on Tyne.

Les dimensions du *King Edward* sont les suivantes :

Longueur	m	76,20
Largeur	m	9,75
Creux au pont principal.	m	3,200
Creux au pont promenade.	m	5,400
Déplacement.	tx	650

Les aménagements du *King Edward*, calqués sur ceux de la *Duchess de Hamilton* et presque semblables à ceux de la *Queen Alexandra*, qui sera décrite plus loin, permettent de recevoir deux mille passagers.

La figure 22 donne sa silhouette.

L'appareil évaporatoire se compose d'une chaudière unique du type écossais double ended, munie du tirage forcé.

L'appareil moteur se compose de trois turbines fonctionnant en série, la turbine H. P. placée dans l'axe du navire et les deux turbines B. P. en abord.

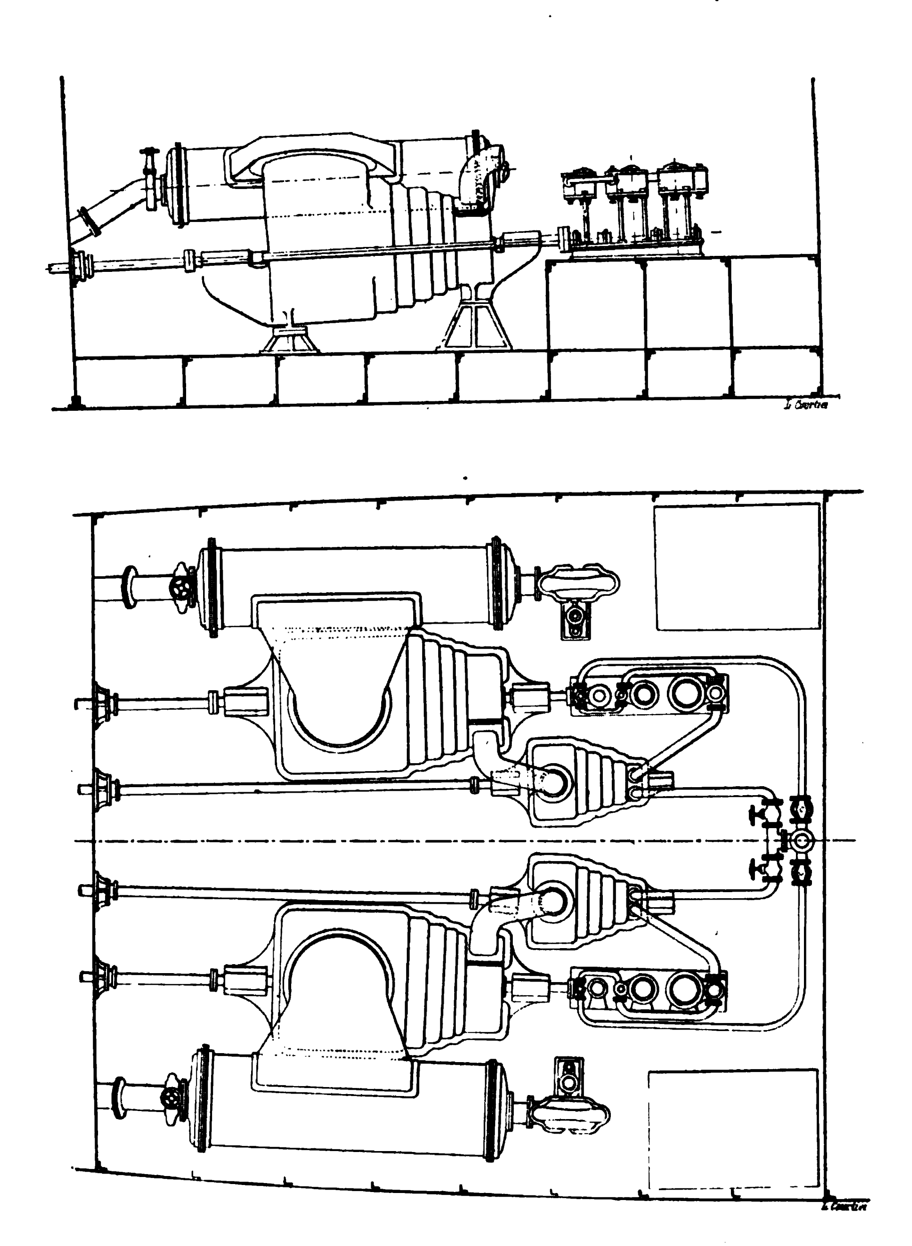


Fig. 1.

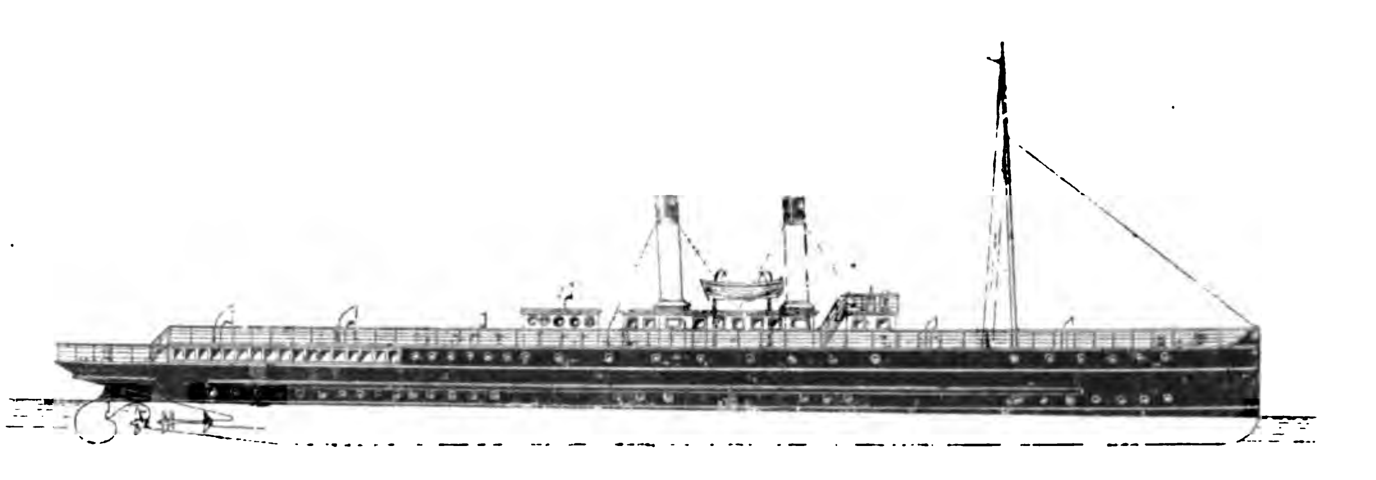


Fig. 22.

Chaque turbine commande un arbre porte-hélices. L'arbre central (turbine H. P) ne porte qu'un propulseur ; chacun des arbres latéraux en porte deux.

La vapeur se détend de cinq fois son volume dans la turbine H. P. et de vingt-cinq fois dans les turbines B. P. Le taux total d'expansion atteint donc 125. C'est-à-dire que la détente de la vapeur y est utilisée à peu près complètement.

Les turbines de marche arrière sont montées dans les enveloppes des turbines B. P. et tournent à vide pendant la marche avant.

Un jeu de valves très simple permet trois marches diverses sans qu'il soit nécessaire de faire varier la pression d'admission :

1° La marche normale avant, avec les trois turbines en série ;

2° La marche avant, avec les turbines B. P. seules;

3° La marche arrière, avec les turbines de marche arrière.

Pour les manœuvres et les accostages, on se sert des deux dernières marches.

En marche normale, le nombre de tours de la turbine H. P. est de 700 tours, et celui des turbines B. P., 1 100.

Les pompes à air principales, sont conduites par un harnais d'engrenages, monté sur les arbres des turbines B. P. ; mais il existe, pour le stationnement et le départ, des pompes à air auxiliaires mues par machines de circulation.

Les autres machines auxiliaires sont du type ordinaire. Il existe un réchauffeur d'alimentation, alimenté par l'échappement des auxiliaires et, au besoin, par de la vapeur vive.

Le *King Edward* a fait ses essais le 26 juin 1901, avec 10,5 kg de pression à la chaudière, un vide de 67 mm, et une pression d'air de 25 mm, il a réalisé 20,48 nœuds avec une puissance estimée à 3 500 ch indiqués. Cette vitesse est supérieure d'un nœud à celle de la *Duchess de Hamilton.*

Ces essais font ressortir, pour la valeur du coefficient M_1, le chiffre 5,69.

En ce qui concerne la consommation de combustible, seuls les chiffres d'un essai à 19 nœuds, soit 1,48 nœud de moins que la vitesse maxima obtenue, sont connus. En développant environ 3 000 ch, la consommation totale a été de 1 840 kg par heure, soit environ 0,600 kg par cheval indiqué.

Toutefois, une comparaison portant sur une période quatre-vingts jours a été faite avec la *Duchess de Hamilton.*

Pendant cette période, la *Duchess de Hamilton* a parcouru 12106 milles marins, à la vitesse moyenne de 18,5 nœuds, en brûlant 1 909 t de combustible, pendant que le *King Edward*, parcourant 12116 milles à la même vitesse moyenne, ne brûlait que 1429 t de combustible, soit 480 t de moins, ce qui représente une économie de 10 0/0 environ qui, les chaudières étant du même type, provient bien du moteur, bien que celui-ci ne pèse que 67 t, soit 22 kg par cheval et la moitié environ du poids des machines à roues de la *Duchess de Hamilton*.

Encore faut-il remarquer qu'une comparaison plus serrée montre que l'avantage est plus grand qu'il ne paraît au premier abord.

Si le *King Edward* avait dû être muni de machines à roues ordinaires de même puissance que les turbines, ses dimensions auraient dû être légèrement augmentées par suite de l'excès du poids des machines ordinaires sur les turbines.

Dans ces conditions, la vitesse réalisée avec la même puissance n'eut pas été 20,48 nœuds, mais 19,7 nœuds environ. La diminution de poids résultant de l'emploi des turbines a donc permis de réaliser un gain de 0,8 nœud environ.

Sur ce gain, 0,2 nœud à peu près résultent du moindre déplacement, et 0,6 nœud, du meilleur rendement des moteurs. En fait, c'est un gain de puissance d'environ 20 0/0 en faveur des turbines. Encore faut-il remarquer qu'avec des machines alternatives, il eût été très difficile d'imprimer au *King Edward* la vitesse de 20,5 nœuds par suite de l'accroissement du déplacement.

De plus, le prix de construction eût été plus élevé et l'utilisation de combustible moins bonne, par suite de la réduction de la détente.

La *Duchess de Hamilton*, consommant 16 t par jour à la vitesse de 16,5 nœuds, et le *King Edward*, 18 t à 18,5 nœuds, il faudrait, pour donner au premier de ces navires la vitesse du second, environ 22 t de combustible par jour, au lieu des 18 t consommées par le *King Edward*. Encore faut-il supposer que le déplacement de la *Duchess de Hamilton* resterait le même, en lui appliquant des machines plus puissantes.

En réalité, il faudrait augmenter son tonnage et la consommation serait, par suite, certainement supérieure à 22 t.

D'autre part, il faut reconnaître que l'emploi de machines à triple expansion sur la *Duchess de Hamilton*, munie seulement de

machines compound, eût légèrement réduit cette consommation, mais elle serait toujours restée plus élevée que celle du *King Edward*.

Il faut d'ailleurs aussi noter, qu'en forçant les machines ordinaires, on diminue leur économie, tandis que c'est l'inverse avec les turbines, ainsi que l'ont démontré tous les essais exécutés avec les turbo-dynamos.

Sur le *King Edward*, il a été constaté que l'économie croissait avec la vitesse, mais il n'a pas été possible de déterminer jusqu'à quelle limite maxima, il en était ainsi.

A la vitesse de 17 à 18 nœuds, les machines alternatives seraient probablement plus économiques que les turbines installées sur le *King Edward*. Cela tient à ce que cette vitesse est près de la vitesse maxima réalisable dans les conditions données avec les machines alternatives, tandis qu'elle ne représente que 55 à 60 0/0 de la vitesse réalisable avec les turbines.

Le *King Edward* n'a pas, pendant l'exposition, arrêté un seul jour son service, et ses frais d'entretien ont été très faibles.

En 1902, les turbines ont été ouvertes devant des Ingénieurs allemands et elles ont été trouvées en parfait état. Elles ont été refermées telles quelles et l'essai consécutif a montré que leur fonctionnement était aussi satisfaisant qu'à la mise en service.

Les manœuvres d'accostage se font bien, mais peut-être y aurait-il avantage au point de vue de la rapidité à augmenter la puissance des turbines de marche arrière.

Comme pour les navires précédents, il ne se produit, en marche, aucune vibration.

A la suite de ce succès, la Société Williamson a fait construire un second navire à turbines, la *Queen Alexandra*, plus grand que le *King Edward* et de vitesse supérieure, tout en gardant les mêmes dispositions de moteur et d'aménagements.

La seule différence d'aspect consiste dans l'installation d'un pont-tente sur le toit des roufles placés sur le pont-promenade.

Les dispositions d'aménagement pour les passagers sont très bien étudiées et même luxueuses.

Les caractéristiques de la *Queen Alexandra* sont les suivantes :

Longueur entre perpendiculaires	m	82,35
Largeur	m	9,16
Creux au pont-promenade.	m	5,72
Creux au pont principal	m	3,50

Déplacement	tx	750
Pression à la chaudière	kg	10,50
Pression à la turbine H. P.	kg	9,50
Pression aux turbines B. P.	kg	5,70
Vitesse réalisée	nœuds	21,68
Coefficient d'utilisation M_1		5,72
Puissance développée en chevaux indiqués (Approximativement)	ch	4 500

Les figures 23 et 24 donnent le schéma de la disposition générale du navire des turbines motrices et des machines auxiliaires. On remarquera que toutes les valves permettant de faire varier la marche ou de la renverser, se manœuvrent du parquet supérieur. En fait, il n'y a besoin de personne pour surveiller en marche le fonctionnement des turbines.

Ce sont plutôt les appareils auxiliaires qu'il faut surveiller et qui, en réalité, demandent plus de soin que les turbines elles-mêmes.

Les propulseurs ont un diamètre de 1,22 m pour l'hélice centrale commandée par la turbine H. P., et de 0,915 m pour les quatre hélices latérales, montées deux à deux sur chacun des arbres commandés par les turbines B. P.

Le nombre de tours, en marche normale est de 700 pour l'hélice centrale, et de 1 000 pour les hélices latérales.

Les résultats mécaniques et économiques de la *Queen Alexandra* ont été aussi satisfaisants que ceux donnés par le *King Edward*.

A ces deux paquebots, il faut ajouter trois yachts de différentes grandeurs. La figure 25 donne la silhouette de la *Tarentula* à M. Mac-Calmont et la figure 26 le détail de son arrière, vu longitudinalement et en bout.

On remarquera sur la vue en bout, la forme des ailes des propulseurs qui sont presque des cercles parfaits, le petit axe de l'ellipse étant presque aussi long que le grand axe.

L'arrière de la *Tarentula* rappelle tout à fait celui des torpilleurs, mais la disposition des supports d'arbres, très caractéristique, est nécessairement différente.

Depuis la construction de la *Tarentula*, un certain nombre de navires munis de turbines ont été mis en construction, nous n'en donnerons pas de détail, il nous suffira de dire que parmi les navires actuellement en service mus à l'aide de turbines figu-

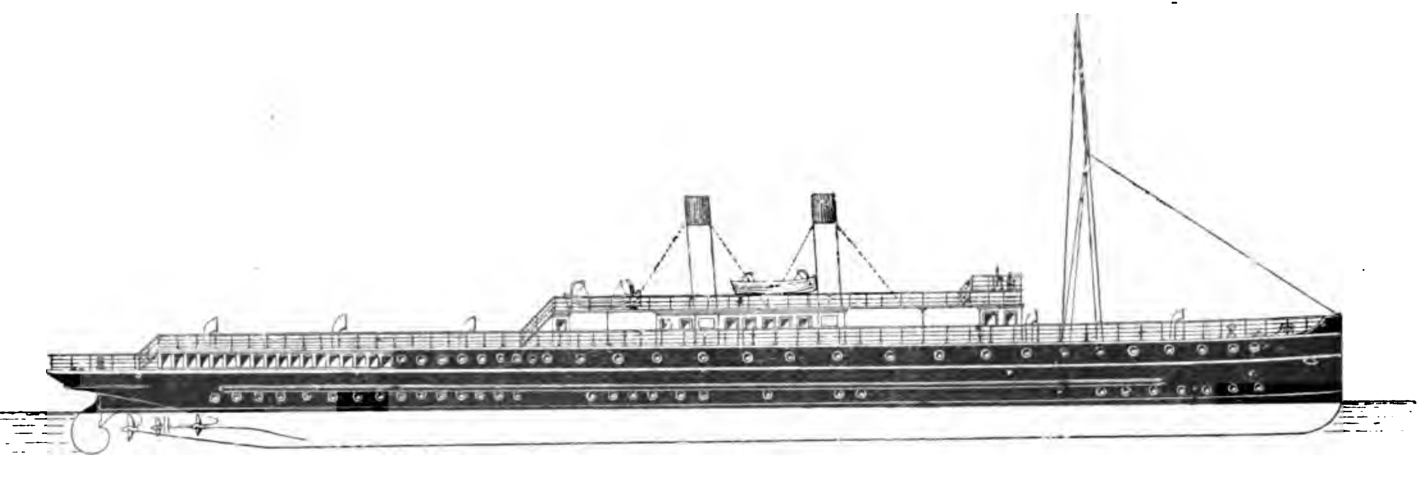
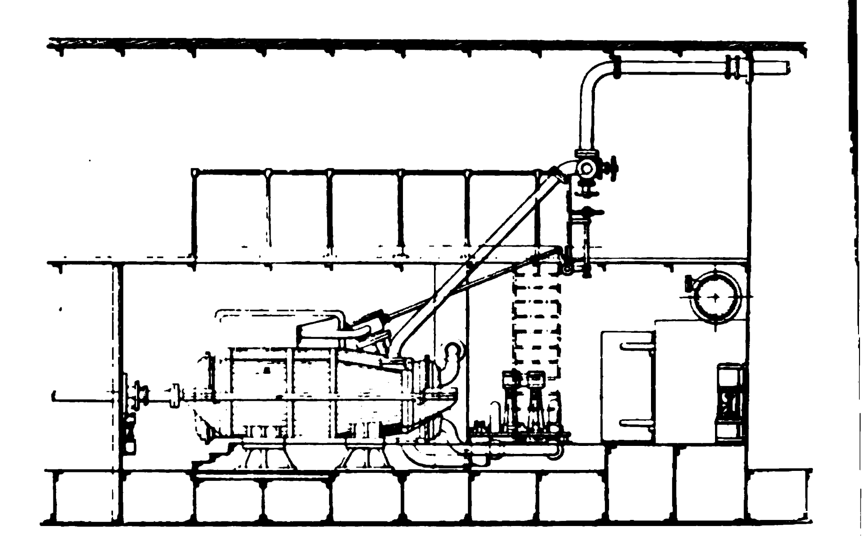


FIG. 23.



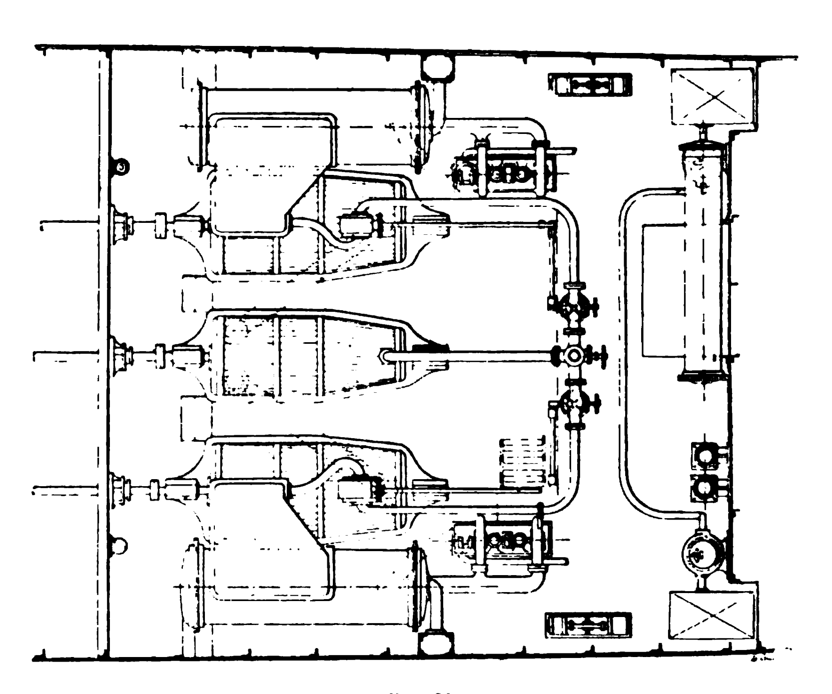


Fig. 24.

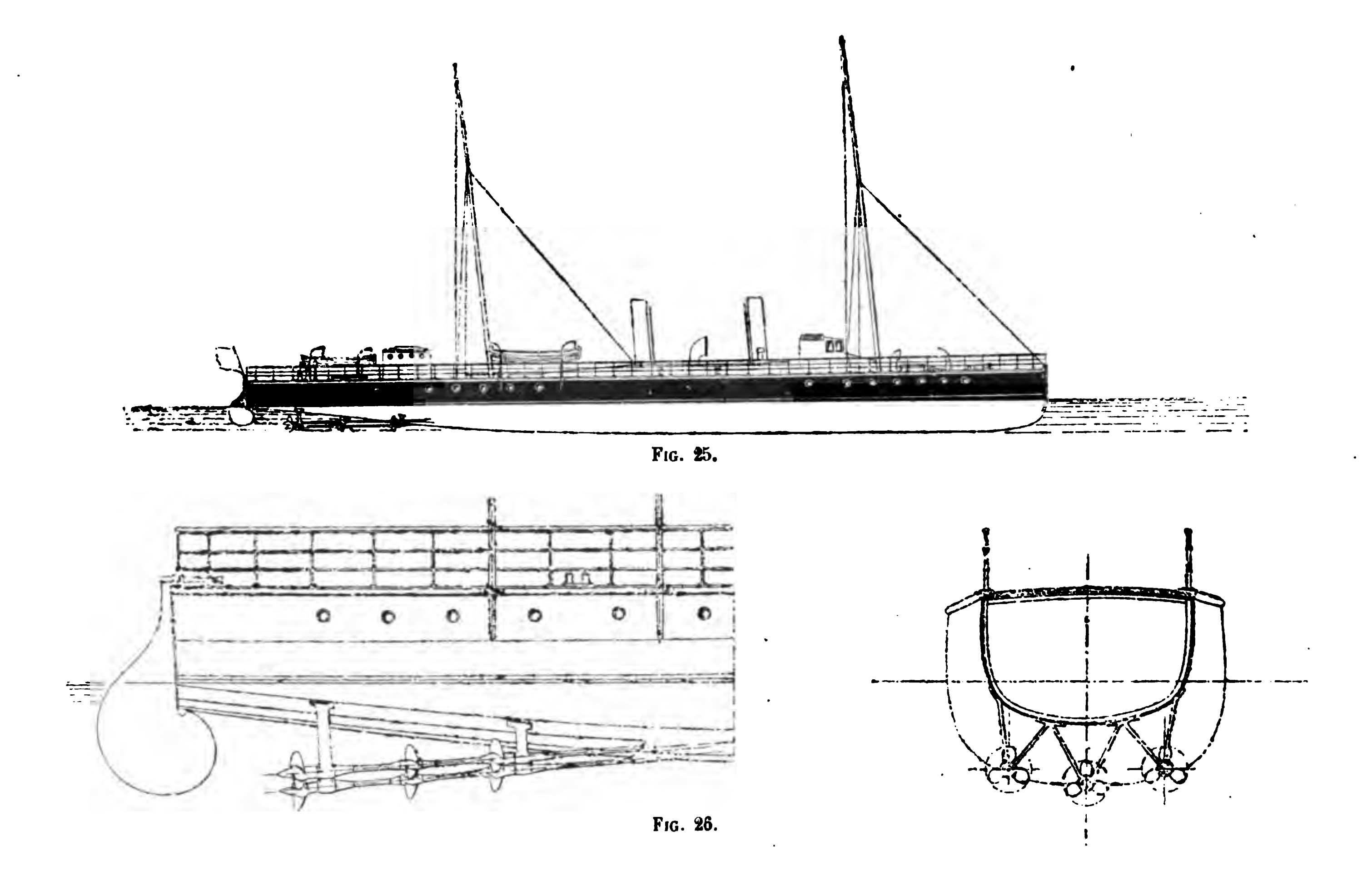


FIG. 25.

FIG. 26.

rent deux paquebots, la *Queen* et le *Brighton* affectés au service entre la France et l'Angleterre, le premier entre Calais et Douvres, le second entre Dieppe et New Haven.

Les figures 27, 28, donnent les dispositions générales, la machinerie et l'installation des propulseurs pour la *Queen* qui développe plus de 9 000 ch.

Le *Brighton* est tout à fait analogue, bien que plus petit. Toutefois la disposition des aménagements pour passagers est légèrement différente et ses superstructures sont moins développées.

La puissance des navires actuellement en construction qui doivent être munis Parsons dépasse actuellement 72 000 ch sans compter les 65 000 ch dont l'emploi est en cours sur les nouveaux paquebots de la Compagnie Cunard.

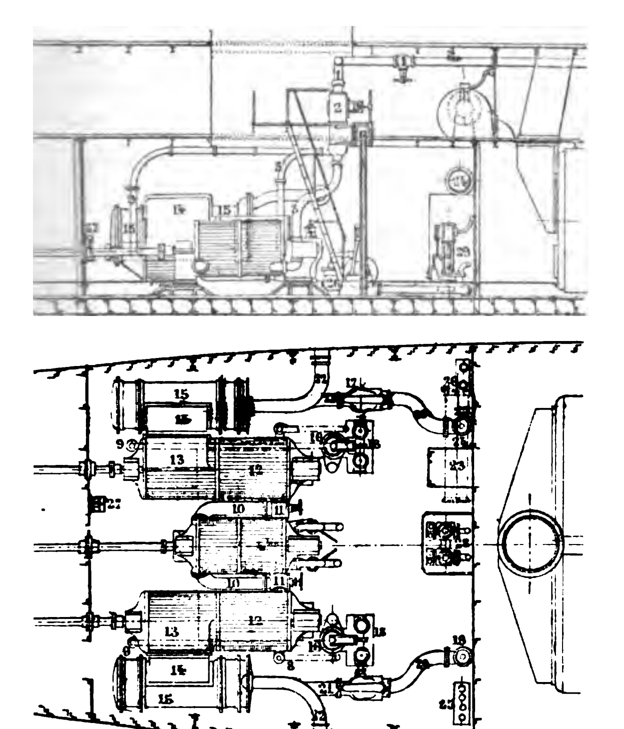
Si on ajoute la puissance des navires en construction (72 000 ch) à celle des navires déjà construits (51 600 ch) on arrive à un total de 140 000 ch de turbines Parsons de type marine construits ou en construction. La machinerie du nouveau Cunard ferait monter à un total de 210 000 ch. On peut donc dire que la turbine Parsons est certainement la plus répandue pour la propulsion des navires.

Consommation de vapeur.

La consommation de la turbine Parsons tant aux essais qu'en service courant est aujourd'hui, grâce aux nombreuses installations exécutées, une des plus exactement connues, ainsi que les variations qu'elle subit sous diverses influences telles que charge, pression, vitesse de rotation, etc.

La consommation de vapeur et, par suite, de combustible, est cependant un des points les plus discutés, en raison de l'impossibilité où on est de mesurer directement la puissance développée par les turbines.

On peut cependant arriver à une comparaison suffisamment exacte des résultats fournis par les turbines et les machines alternatives en rapportant la consommation au cheval effectif sur l'arbre et en considérant les turbines commandant les dynamos pour lesquelles la mesure de la puissance est plus précise et présente moins d'aléas que par celles employées à la propulsion des navires.



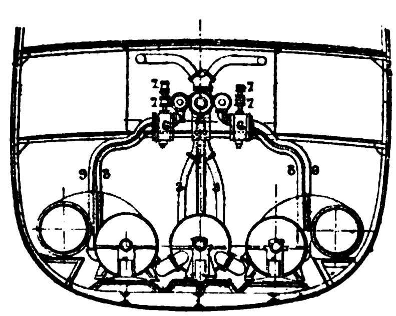


FIG. 27.

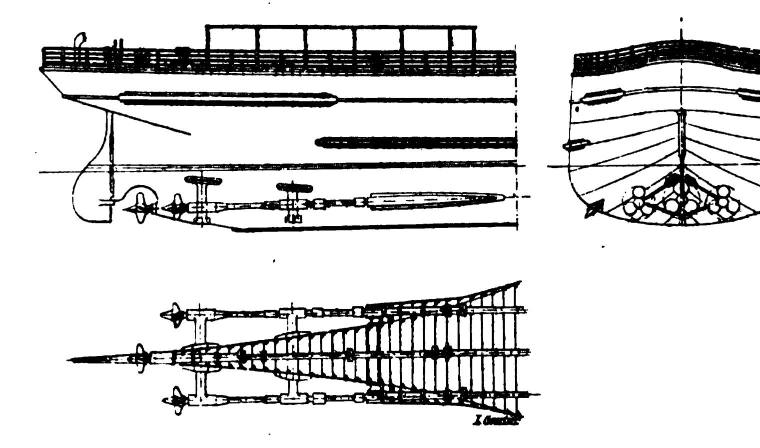


FIG. 28.

En adoptant, tant pour la machine alternative que pour la dynamo, des rendements élevés on réduira le nombre des chevaux effectifs sur l'arbre et on exagérera la consommation par cheval. Les chiffres obtenus peut-être inexacts en valeur absolue, au détriment de la turbine, seront d'autant plus probants au point de vue comparatif.

Consommation des machines alternatives par cheval effectif.

Dans une bonne machine à triple expansion bien montée fonctionnant dans des conditions normales, sans surcharge, mais développant toute sa puissance, la consommation de vapeur peut s'évaluer au minimum à 5,75 kg par cheval *indiqué*.

Cette consommation varie avec la puissance développée et se relève aussi bien s'il y a surcharge que quand il y a réduction de la puissance développée, bien que moins rapidement dans ce dernier cas.

D'autre part, le rendement organique de la machine varie également avec la puissance développée et diminue avec elle; mais en le considérant comme fixe et en admettant qu'il soit égal à 85 0/0 on prendra certainement un maximum qui diminuera la consommation de vapeur par cheval. Celle-ci correspond alors à 6,75 kg par cheval effectif sur l'arbre.

Dans les turbines actionnant des hélices, l'impossibilité de déterminer exactement la puissance en chevaux indiqués et même celle en chevaux effectifs, rend assez hypothétique le calcul de la consommation par cheval, car ce chiffre dépendra, pour une partie, du rendement des propulseurs et de celui de la carène.

Dans les turbines conduisant des dynamos il est plus facile d'évaluer la puissance sur l'arbre en partant de celle en kilowatts aux bornes, car le rendement de la dynamo varie dans des limites connues, d'après sa grandeur, son système, sa vitesse de rotation, etc., mais il y a encore là une indécision qui ne peut être évitée, toujours au détriment de la turbine, qu'en prenant pour la dynamo un rendement élevé de 95 0/0 par exemple, chiffre assez rarement atteint, si ce n'est dans les grandes installations.

RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION PAR KILOWATT EN CONSOMMATION PAR CHEVAL EFFECTIF.

Si donc on veut passer de la puissance en kilowatts aux bornes P_k, à celle en chevaux effectifs sur l'arbre P_e, on aura :

$$P_e = P_k \times \frac{1,358}{0,95} = P_k \times 1,429,$$

c'est-à-dire que le rapport de la consommation de vapeur par cheval effectif à celle par kilowatt sera de :

$$\frac{1}{1,429} = 0,7.$$

Le graphique figure 29 réunit les calculs de consommation de vapeur de diverses installations en turbines Parsons. Une double échelle permettra de trouver facilement la valeur de la consommation de vapeur par cheval effectif, sur les bases indiquées plus haut ou celle par kilowatt aux bornes.

On peut voir que, pour les installations puissantes, la consommation de vapeur tombe, malgré l'exagération des rendements de la dynamo, à 6,1 kg, c'est-à-dire à un chiffre moins élevé que pour la machine alternative en l'affectant du meilleur rendement.

Pour les installations plus faibles, le chiffre est plus élevé et atteint environ 7,5 kg.

Par contre, pour les installations de 5 000 kilowatts, actuellement en cours de construction, la consommation de vapeur garantie par traité est très faible.

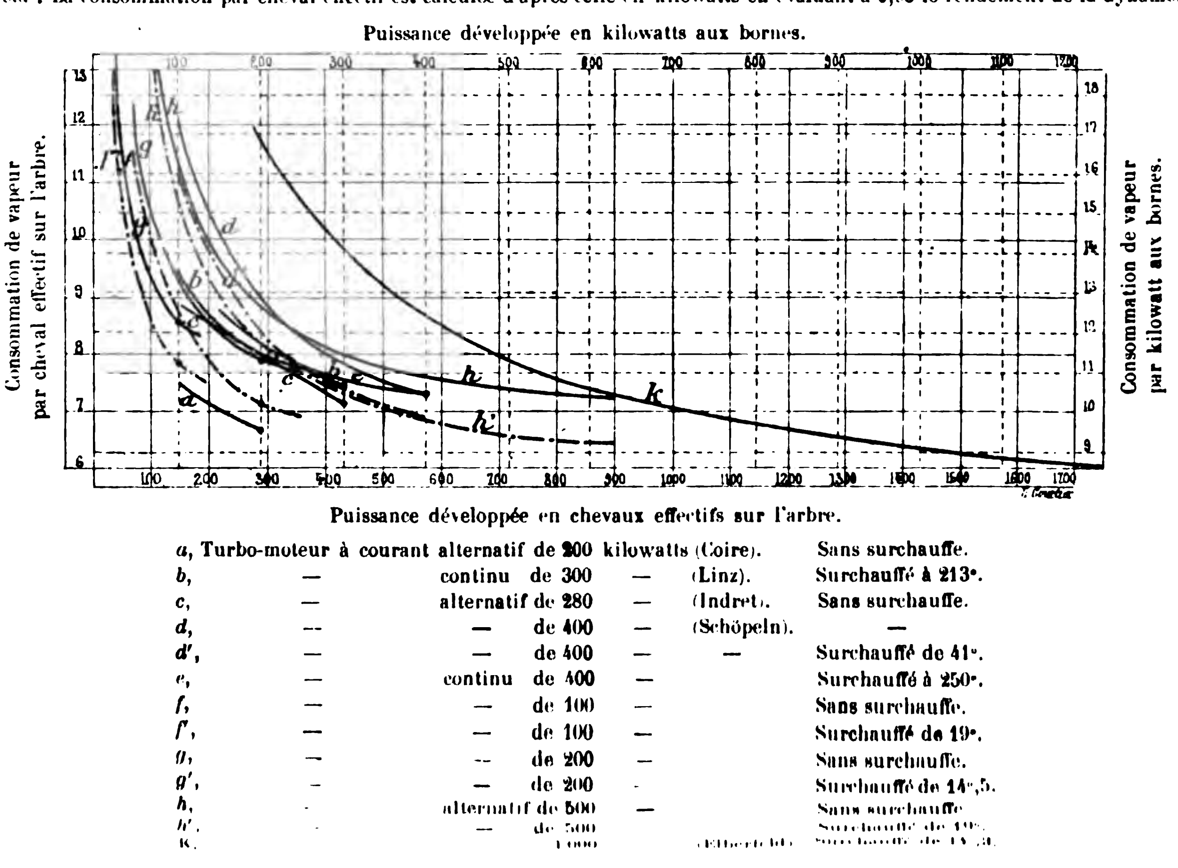
C'est ainsi que pour la turbine destinée à Essen la consommation garantie est de 6,9 kg par kilowatt-heure aux bornes à la charge de 5 000 kilowatts et de 7,6 kg à la charge de 3 700 kilowatts, ce qui correspond à moins de 4 kg par cheval indiqué.

C'est également cette consommation qui est garantie pour la grosse installation de quatre turbines de 5 000 kilowatts prévue pour la station centrale d'électricité de Saint-Ouen (Métropolitain). Les chiffres stipulés sont en effet de 6,8 kg par kilowatt à pleine charge et 8,25 kg par kilowatt à demi-charge.

Les installations des turbines marines fournissent des chiffres analogues; il suffira de rappeler que la Commission nommée par la Compagnie Cunard pour étudier l'application de turbines sur

Fig. 29. — **Consommation de vapeur par kilowatt et par cheval effectif.**

Nota : **La consommation par cheval effectif est calculée d'après celle en kilowatts en évaluant à 0,95 le rendement de la dynamo.**



a,	Turbo-moteur à courant alternatif de 200 kilowatts		(Coire).	Sans surchauffe.
b,	—	continu de 300 —	(Linz).	Surchauffé à 213°.
c,	—	alternatif de 280 —	(Indret).	Sans surchauffe.
d,	—	— de 400 —	(Schöpeln).	—
d',	—	— de 400 —	—	Surchauffé de 41°.
e,	—	continu de 400 —		Surchauffé à 250°.
f,	—	— de 100 —		Sans surchauffe.
f',	—	— de 100 —		Surchauffé de 19°.
g,	—	— de 200 —		Sans surchauffe.
g',	—	— de 200 —		Surchauffé de 14°,5.
h,	—	alternatif de 500 —		Sans surchauffe.
h',	—	— de 500		Surchauffé de [illegible]
k,		1000	(Elberfeld)	Surchauffé de [illegible]

un des deux plus grands paquebots projetés a conclu, à la suite d'expériences comparatives exécutées sur l'*Arundel* et le *Brighton*, l'un à des machines alternatives et l'autre à turbines, que ces derniers appareils donnaient au moins une économie de 6 0/0. Encore la vitesse d'essai de 21 nœuds n'était-elle pas la vitesse maxima économique du *Brighton* qui est de 22 nœuds.

Les consommations indiquées plus haut ne sont d'ailleurs pas exceptionnelles, et, dans certains cas, la consommation en service courant a été très sensiblement plus faible que celle des machines alternatives commandant des dynamos de même puissance.

C'est donc sans exagération qu'on peut dire que la turbine Parsons est, en marche industrielle et pour les moyennes ou grandes puissances, plus économique que les machines alternatives.

Il est vrai que la consommation augmente quand la charge décroît, assez lentement jusqu'à 50 0/0 environ de puissance maxima, puis d'autant plus rapidement que la réduction de puissance est plus considérable, la consommation atteint alors jusqu'à 10 et 11 kg. Les turbines sont donc assez peu économiques à charge réduites mais il en est de même pour les machines alternatives construites pour travailler à pleine puissance, à un degré moindre il est vrai.

Comparaison directe des machines alternatives et des turbines conduisant les mêmes dynamos.

Les figures 30 et 31 donnent à ce sujet des comparaisons intéressantes entre des turbines et des machines alternatives conduisant les mêmes dynamos.

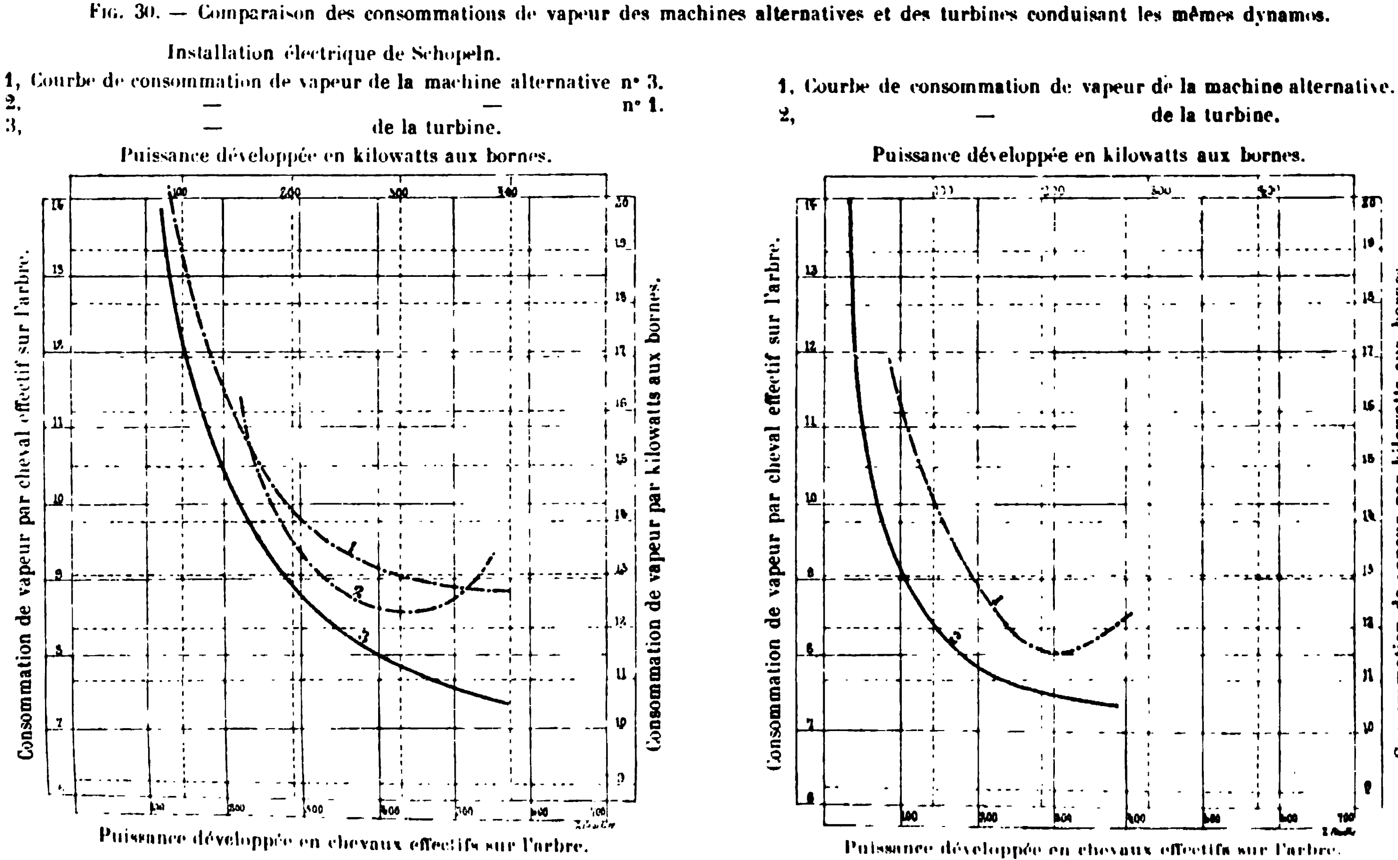
On y voit nettement que pour toutes les puissances, l'avantage reste aux turbines. Ces essais comparatifs ont été exécutés à Tschoëpeln en Silésie.

Emploi de la surchauffe.

Sur le graphique figure 29, les courbes de consommation a^o, d^o et e^o sont celles des turbines auxquelles se rapportent les courbes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, mais avec emploi de la surchauffe. On voit qu'elles sont sensiblement plus basses que ces dernières.

Sur le turbo-moteur de Tschoëpeln, le bénéfice n'est pas moindre de 6 0/0 pour une surchauffe de 14°4, soit 1 0/0 par 6°9 à

Fig. 30. — Comparaison des consommations de vapeur des machines alternatives et des turbines conduisant les mêmes dynamos.



Nota : La puissance développée en chevaux effectifs sur l'arbre est calculée d'après celle en kilowatts aux bornes en supposant un rendement de 0.95 pour la dynamo.

charge complète et de 7,1 0/0 pour une surchauffe de 41° 6, soit 1 0/0 pour 50° 8 à mi-charge. L'emploi de la surchauffe qui, par suite de l'absence de graissage dans les turbines ne présente aucun inconvénient pour les organes de celles-ci, est donc très avantageux et peut être poussé beaucoup plus loin pour les machines alternatives.

Ces divers exemples permettent de dire, avec M. Rateau, que les turbines bien construites, ainsi qu'on peut le faire actuellement, sont tout à fait comparables, pour la marche à pleine charge, aux meilleures machines alternatives et que cette équivalence ne disparait qu'en cas de forte réduction de la charge.

Frais d'entretien et de réparation.

Un autre point de vue auquel le développement de la turbine Parsons permet de donner des renseignements à peu près exacts est celui des frais d'entretien et de réparation.

Ceux-ci sont très réduits étant donnée l'absence de parties frottantes autres que les coussinets de paliers.

Encore ceux-ci tournent-ils sur une couche d'huile sous pression. C'est ce qui explique le peu d'usure qu'on y remarque, puisqu'à la station de Cambridge, après deux ans de service journalier, on n'a constaté sur ceux-ci qu'une usure d'un quart de millimètre.

La présence d'huile, sous une pression variant de 0,7 kg à 1,5 kg, suivant les installations, a donc pour résultat de réduire l'usure au minimum.

La consommation de graissage est cependant très faible, d'abord par suite de la petite étendue des surfaces à graisser, puis parce que la même huile ressert après décantation, le graissage étant soustrait à l'action de la chaleur.

Les aubes mobiles et les ailettes directrices n'ont jamais donné lieu à des ennuis, si ce n'est dans le cas où il y avait eu introduction d'un corps étranger.

Un certain nombre d'aubes mobiles et d'ailettes directrices furent arrachées, mais, après leur retrait, la turbine fut remise en marche telle quelle, en attendant qu'on pût l'arrêter plus longtemps pour la réparer. C'est un cas fort rare et tout à fait exceptionnel, étant donnée la faible fatigue supportée par l'aubage.

Sur la *Turbinia* qui a subi des essais nombreux, il n'a pas été remplacé d'aubes depuis la mise en essai.

Le turbo-moteur de Schœpein fut, à sa mise en service, scellé, puis ouvert après un fonctionnement de 1 700 heures, devant une Commission qui constata le bon état de la turbine, en dressa procès-verbal et la remit en service.

Tout dernièrement, une turbine plombée à sa mise en marche, a été ouverte après 17 200 heures de fonctionnement, soit près de deux ans sans arrêt, elle a été trouvée en excellent état et on n'a pas constaté d'usure appréciable des aubages.

Enfin, sur le *King Edward*, les turbines visitées après un an de service, par une Commission allemande, furent trouvées en bon état, refermées, et on fit immédiatement après un essai qui donna les mêmes résultats que ceux obtenus à la mise en service.

La turbine elle-même ne donne donc lieu qu'à des dépenses peu élevées d'entretien et de réparation. Celles des machines auxiliaires et pompes sont naturellement les mêmes que pour une machine alternative ordinaire.

Le tableau ci-dessous donne, à titre de renseignement, les frais d'entretien et de réparation, par kilowatt-heure, des turbines de sept stations électriques. La première colonne de ce tableau indique le nombre d'années de service pris comme base d'établissement de chaque moyenne.

DÉSIGNATION DE LA STATION	ANNÉES DE SERVICE	GRAISSAGE	MAIN D'ŒUVRE	RÉPARATIONS et entretien	TOTAL
		f	f	f	f
Compagnie Métropolitaine	13	0,016	0,023	0,041	0,085
Woolwich Dutreet . .	8	0,011	0,032	0,036	0,079
Cambridge.	9	0,012	0,046	0,032	0,090
Newcastle	12	0,012	0,034	0,011	0,057
Scarboroug	8	0,007	0,047	0,025	0,079
Cheltenham	6	0,011	0,036	0,028	0,075
Portsmouth	7	0,012	0,017	0,030	0,059
Moyennes par kilowatt		0,0116	0,0343	0,029	0,0749
Moyennes approximatives par cheval effectif		0,00854	0,02526	0,02135	0,05515

Ces chiffres, qui ne s'appliquent qu'à des unités réduites seraient plus faibles pour des unités de grande puissance.

Turbine de Laval.

Historique.

Le second type de turbine à vapeur, réalisé pratiquement, fut, d'après l'ordre chronologique, celui inventé par de Laval, Ingénieur suédois.

C'est en 1883 que celui-ci préluda à l'invention de la turbine qui porte son nom par la construction d'un moteur à réaction fonctionnant à grande vitesse et pourvu d'un harnais réducteur.

Quant à la turbine proprement dite, elle date de 1889 et sa première installation ne fut réalisée qu'en 1892, soit huit ans après la première turbine Parsons.

Fonctionnement de la turbine de Laval.

La turbine de Laval est une turbine à action à roue simple, dans laquelle la vapeur est détendue dans le distributeur préalablement à son entrée dans les aubes de la roue.

La vapeur pénètre dans les aubes par une des faces de la roue et en ressort par l'autre.

Description de la turbine de Laval.

La turbine de Laval, représentée par les figures 32, 33, 34, se compose essentiellement d'une boite en fonte A renfermant le distributeur assemblé à une pièce C également en fonte. Entre ces deux pièces se meut la roue à aubes E montée sur un arbre de faible diamètre supporté à l'une de ses extrémités par un coussinet à rotule G et l'autre par des coussinets M et N entre lesquels est disposé le pignon d'engrenage commandant la grande roue réductrice de vitesse, le rapport de ces engrenages est de 1 à 10.

Tels sont les organes principaux de la turbine de Laval, mais leurs dispositions méritent d'être étudiées de près.

Distributeurs *(fig. 14, Pl. 73)*.

Le distributeur de la turbine de Laval se compose d'un certain nombre d'ajutages dont l'axe est légèrement incliné par rapport

au plan de la roue et qui sont répartis sur une partie de la périphérie de cette dernière.

L'arrivée de vapeur dans chacun des ajutages est réglée par un pointeau manœuvrable soit à l'aide d'un petit volant, soit, quand le régime de charge est très variable, automatiquement,

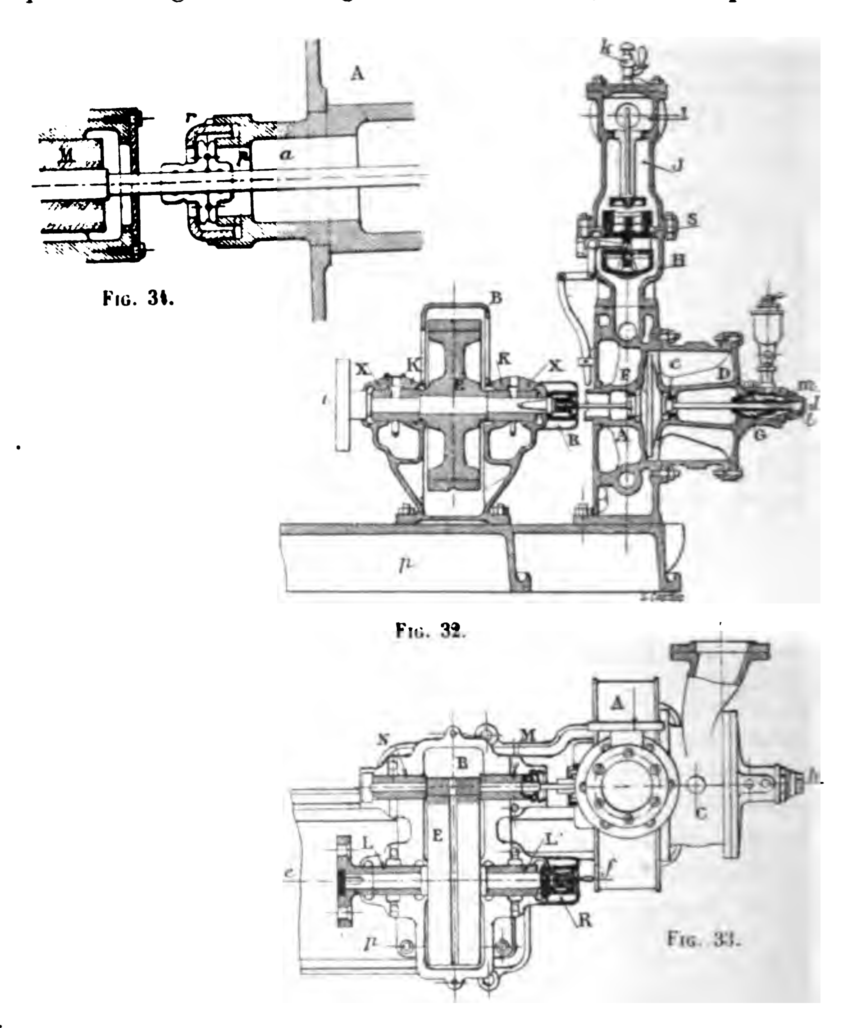


Fig. 31.

Fig. 32.

Fig. 33.

la manœuvre des volants devant être alors à peu près continue, si on veut réaliser dans la boîte de distribution une pression à peu près constante.

Dans ce dernier cas les ajutages autorégulateurs sont disposés pour s'ouvrir et se refermer dans des conditions bien déterminées de pression.

Dans un cas comme l'autre la tige pointeau ne doit pas étrangler la vapeur à l'entrée. Celle-ci doit être complètement ouverte ou complètement fermée.

La forme des ajutages est variable suivant que la turbine doit fonctionner à l'air libre ou à condensation.

Dans le premier cas, la vitesse de sortie de l'ajutage est fixe, mais la vitesse d'entrée peut varier par l'introduction d'une aiguille conique. Le rapport de la vitesse de sortie à celle d'entrée est, pour ces ajutages, plus grand que celui des ajutages destinés à la marche à condensation.

Pour cette dernière, on emploie des ajutages coniques dans lesquels le rapport des sections d'entrée et de sortie est invariable, ce rapport ayant été déterminé une fois pour toutes afin que la vapeur y prenne la vitesse maximum dont elle est susceptible d'après la pression de régime.

Les ajutages travaillent dans des conditions d'autant meilleures que les pressions d'entrée et de sortie sont plus voisines de celles pour lesquelles ils ont été calculés, c'est pourquoi il y a intérêt à maintenir dans la boite de distribution une pression se rapprochant autant que possible de celle-ci.

Les corps des ajutages sont généralement en bronze.

Roue mobile.

La roue mobile qui reçoit des distributeurs de la vapeur complètement détendue, c'est-à-dire douée de la vitesse et de la force vive maxima, a ses aubes tracées de telle sorte que la vapeur s'en échappe avec une vitesse absolue aussi faible que possible.

Les angles d'entrée et de sortie sont égaux, et aussi faibles que possible de manière à réduire autant qu'on le peut la vitesse de rotation toujours considérable (18,000 tours dans les petits types de turbines).

Les aubes sont en acier comme la roue mobile et généralement fixées sur celles-ci au moyen d'insertion transversale à l'aide d'un cylindre servant de base à l'aube. Cette disposition, tout en étant très solide, donne l'amovibilité des aubes et permet de les remplacer, aubes et alvéoles étant calibrées avec soin.

Les extrémités des aubes sont jointives et forment comme un anneau continu.

Arbre flexible.

La caractéristique de la turbine de Laval est l'emploi d'un arbre de petit diamètre et flexible pour le montage de la roue mobile *(fig. 15 et 16, Pl. 73)*.

Cet arbre a une certaine longueur de manière qu'en cas de balourd des parties tournantes, sa flexion permette leur centrage sur l'axe du centre de gravité qui par suite de difficultés d'équilibrage peut être différent du centre de figure.

C'est l'application des propriétés gyroscopiques des corps à l'extinction des effets dus à la force centrifuge.

La position de la roue mobile à divers points de la longueur de l'arbre n'a pas d'influence sur le centrage, mais seulement sur la forme que la flexion fait prendre à celui-ci. Cette position peut être quelconque, le mouvement vibratoire de l'arbre changeant seul avec cette position.

Si la roue est placée au milieu de l'arbre, son centre de gravité tendra d'autant plus à s'éloigner de la droite joignant les points fixes, que la vitesse sera plus grande, mais le plan de la roue restera toujours perpendiculaire à la ligne des paliers.

Si au contraire la roue n'est pas au milieu de l'arbre, celui-ci commencera pas fléchir comme précédemment, mais le plan de symétrie de la roue deviendra alors oblique par rapport à l'axe géométrique et au fur et à mesure de l'augmentation de la vitesse, la roue tendra à se replacer perpendiculairement à cet axe en ramenant par suite l'axe de l'arbre dans la ligne des paliers.

L'arbre d'abord fléchi se redressera alors spontanément à partir d'une certaine vitesse et les frottements dans les paliers qui accompagneraient sa flexion à des vitesses moindres disparaissent en même temps.

Palier de l'arbre flexible.

L'arbre flexible tourne dans deux coussinets en bronze garnis de métal antifriction, dont l'ajustage doit être très bien exécuté.

Celui placé du côté opposé au train d'engrenages G est monté à rotule de manière à diminuer la fatigue de l'arbre lors de la mise en vitesse et à lui permettre une certaine flexion *(fig. 32 et 33)*.

Celui au contraire placé du côté du train d'engrenages réduc-

teurs, M, ainsi que celui placé de l'autre côté de ce train *(fig. 33)* sont au contraire fixes et de grande longueur, de manière à réduire les chances d'échauffements et assurer un bon guidage aux engrenages réducteurs.

Le diamètre de la partie de l'arbre s'engageant dans ces coussinets est d'ailleurs très sensiblement plus fort que dans la partie flexible.

Les coussinets de paliers du côté du train d'engrenages ainsi que le train d'engrenage lui-même fonctionnent dans un bain d'huile pour empêcher les échauffements et diminuer les résistances.

Obturateur.

La sortie de l'arbre de la turbine du côté du train d'engrenages est munie d'un dispositif destiné à assurer l'étanchéité.

Deux dispositions sont employées.

Dans la première c'est une simple douille fixée d'une part au coussinet de paliers de l'engrenage et de l'autre traversant un presse étoupe qui assure l'étanchéité, l'arbre étant complètement renfermé.

Dans la seconde *(fig. 34)*, c'est un obturateur en deux pièces monté sur l'arbre et dont les mouvement sont limités par des pièces de butée qui jouent le même rôle, la douille et le presse-étoupes restant les mêmes que dans la disposition précédente.

Outre ces dispositions essentielles, la turbine de Laval renferme encore des dispositions ingénieuses qui en assurent le fonctionnement dans des conditions satifaisantes.

Crépine de filtration.

Pour empêcher toute introduction de corps étrangers dans la boite de distribution, la vapeur traverse, avant d'arriver à la soupape d'admission, une crépine formée de toile métallique.

Soupape d'admission.

La soupape d'admission est à double siège et sa levée est faible. Aussi son diamètre est-il relativement considérable.

Elle est manœuvrée par un régulateur disposé non sur l'arbre de la turbine elle-même, mais sur celui de la grande roue réductrice, de manière à en diminuer la vitesse de rotation.

Régulateur d'admission.

Ce régulateur qui commande l'arrivée de la vapeur dans la boite de distribution sur laquelle sont montés les ajutages, a son fonctionnement basé sur la compression d'un ressort par suite de l'action de la force centrifuge sur deux demi-cylindres qui tendent à s'écarter quand la vitesse augmente.

Ce régulateur est très sensible, mais sa construction est assez délicate et demande d'assez fréquentes visites pour fonctionner régulièrement.

Il transmet le mouvement à la soupape d'admission à l'aide d'un renvoi de mouvement approprié.

Graissage.

Le graissage doit dans cette turbine être particulièrement soigné en raison de la grande vitesse de rotation des pièces.

Il est assuré par un appareil dit oléopolymètre, des petits godets grammes séparés à compte goutte et des paliers à bagues fonctionnant dans un bain d'huile. Un graisseur spécial placé sur la boite à crépine permet de graisser la vapeur à son entrée dans cette boite pour assurer la lubrification de la soupape de celle d'admission et de son mouvement.

La vapeur n'est donc pas dans cet appareil absolument exempte de graisse comme dans la turbine Parsons, d'autant plus que le graissage du palier à rotule peut également, dans certains cas, s'introduire dans la turbine.

Les figures 12 à 18 et 20 *(Pl. 73)*, qui représentent les diverses parties de la turbine démontée dont il vient d'être question : arbre, boite de distribution, engrenages, etc., permettent d'en voir les détails de construction très ingénieux, mais montrent en même temps qu'une avarie de détail se produisant avec l'énorme vitesse de rotation du disque devient presque instantanément importante et assez coûteuse à réparer en raison du soin qu'il faut dans l'ajustage et dans l'équilibrage des pièces.

Dimensions des pièces.

Dans cette turbine, un travail considérable peut être transmis à l'arbre de la roue avec des pièces de très faibles dimensions,

mais les pièces travaillent alors quelquefois avec une fatigue très notable.

Pour une turbine de 300 ch l'arbre flexible n'a que 30 mm à l'endroit le plus faible et le diamètre de la roue mobile est de 70 cm.

L'encombrement est donc très faible ; il est cependant augmenté par la présence du harnais réducteur qui, d'autre part, rend l'emploi de la turbine difficile dans certains cas.

La vitesse de rotation considérable de la roue mobile rend aussi la construction assez compliquée.

Rendement.

Comme la détente de la vapeur se fait dans ces turbines d'un seul coup, il en résulte que la vitesse de la vapeur à la sortie des tuyères dépasse 1,000 m. D'autre part, la vitesse de rotation étant limitée par la résistance des matériaux employés à la construction des parties tournantes en raison des effets énormes développés par la force centrifuge, il n'est guère possible de dépasser une vitesse circonférentielle moyenne des aubes de 300 cm, c'est-à-dire un peu moins du tiers de la vitesse de la vapeur.

Le rendement est donc loin de son maximum qui correspond à une vitesse de la roue moitié de celle de la vapeur. De ce fait, le rendement est relativement faible, et la présence du harnais réducteur vient encore diminuer le rendement mécanique.

Emploi de la turbine de Laval.

En somme, ce type de turbine est réservé aux puissances moyennes, à la conduite de pompes, ventilateurs, dynamos, etc., mais quand la puissance demandée dépasse un certain chiffre, il semble préférable d'employer les turbines à roues multiples.

La turbine de Laval, par sa disposition même, sa grande vitesse de rotation et la présence du harnais réducteur pour diminuer le nombre de tours de l'arbre sur lequel est disponible l'énergie, parait ne pas pouvoir convenir pour les installations puissantes.

Si les appareils développant de 15 à 300 ch sont assez nombreux, on ne parait pas jusqu'ici avoir dépassé cette puissance, en raison des difficultés que présente alors l'emploi de l'arbre flexible avec des poids assez considérables de masses tournantes.

Parmi les installations les plus puissantes réalisées, nous citerons celle de 100 ch avec condenseur à jet, de la Société Industrielle pour la Chappe, à Briançon ; celle de 200 ch des Établissements Dollfus, de Belfort; celle de 300 ch de la Filature Badin, à Barentin ; le groupe de 1,100 ch de lumière électrique de la Seyne, composé de six turbines électriques; celle de la Société d'éclairage et de force par l'électricité, de 1,200 ch répartis entre plusieurs turbines ; celle de Châtillon, Commentry et Nevers, de 1,600 ch également répartis entre plusieurs turbines; et celle de 600 ch, de la prison de Fresnes (4 turbines de 150 ch) (*fig. 21, Pl. 73*).

En résumé, le nombre de chevaux réalisés pour les turbines de Laval peut s'élever à 140,000 ch répartis entre la France et l'étranger, chaque appareil développant 300 ch au maximum.

Le nombre de chevaux ainsi que la puissance des appareils sont donc pour cette turbine beaucoup moins considérables que pour la turbine Parsons.

Consommation de vapeur.

Il résulte de renseignements fournis par les constructeurs que la consommation varie assez peu avec la charge, puisque l'arrivée de vapeur peut, au moyen des ajutages, être toujours proportionnelle à celle-ci.

Les chiffres d'essai fournis varient de 6,33 kg à 8,6 kg, ce qui est satisfaisant; mais, d'autre part, M. Lewicki, dans des essais exécutés dans le laboratoire de la Techn Hochshule de Dresde, sur une turbine de Laval de 30 ch, indique 21,6 de vapeur saturée par cheval heure à la pression de 6 kg avec de la vapeur fortement surchauffée à 460 degrés, en développant 24,5 ch, la dépense n'est plus que de 14 kg. En pleine charge ou plutôt en surcharge, en développant 44 ch la consommation a été de 17,7 kg de vapeur saturée et de 11,5 kg de vapeur surchauffée à 500 degrés.

Ces chiffres, qui se rapportent à une turbine de faible puissance, il est vrai, cadrent assez bien avec ce que j'ai pu observer, sans faire de mesures exactes sur une turbine Laval de même puissance fonctionnant à 13 kg sans surchauffe.

La consommation diminue certainement avec l'accroissement de la puissance, mais les chiffres d'essai paraissent un peu faibles et il serait intéressant d'avoir des résultats de marche industrielle.

Il faut d'ailleurs remarquer que la turbine de Laval étant surtout destinée aux faibles puissances, les consommations indiquées par M. Lewicki n'ont rien d'exagéré et que la turbine Parsons, par exemple, si on en construisait de cette puissance, aurait probablement une consommation analogue, mais elle retrouve tout son avantage lorsqu'il s'agit de puissances élevées pour lesquelles la turbine de Laval ne peut être employée.

Turbine Rateau.

A la suite des recherches exécutées sur l'écoulement des vapeurs pendant les années 1895 et 1896, M. Rateau, Ingénieur du corps des Mines, fut amené à créer une turbine à action à une ou deux roues à aubage du genre Pelton et recevant la vapeur à l'aide de tuyères divergentes placées à la périphérie et dans le plan médian des roues.

Ces tuyères étaient réglables par un dispositif analogue à celui employé dans les turbines de Laval.

Destinées à actionner des dynamos, des pompes centrifuges, ces machines comportaient, comme la turbine de Laval, un harnais réducteur.

Pour la commande des ventilateurs, au contraire, la turbine commandait l'arbre du rouet du ventilateur dont la vitesse de rotation était considérable.

Comme la turbine de Laval, ces appareils ne pouvaient guère convenir qu'à des puissances relativement faibles, aussi M. Rateau créa-t-il un peu plus tard un type de turbine à roues multiples à action et par suite la vitesse de rotation réduite qu'il dénomma turbine multicellulaire.

Avantages recherchés.

En créant ce type, M. Rateau avait surtout en vue les avantages suivants :

1° Rendement mécanique élevé avec une vitesse angulaire aussi faible que possible;

2° Possibilité d'avoir des jeux considérables entre les parties fixes et les parties mobiles, de manière à éviter toute chance de contact et par suite d'avarie ;

3° Grande légèreté des parties mobiles de manière à réduire l'effet gyroscopique.

La figure 35 représente la turbine primitivement construite, mais dont le type a été légèrement modifié à la suite des résultats donnés par l'expérience.

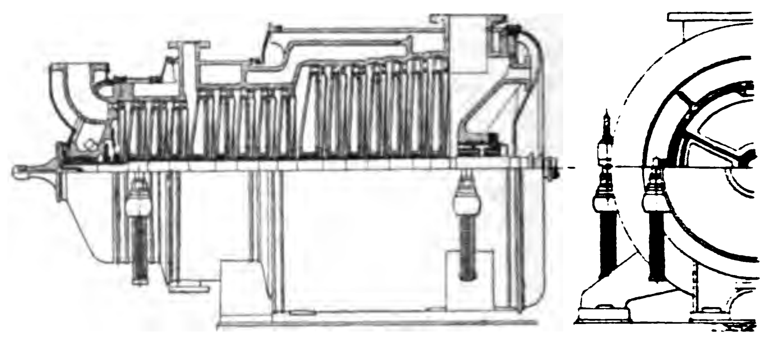


Fig. 35.

Dispositions générales de la turbine multicellulaire.

Dans cette turbine, les roues mobiles sont calées sur l'arbre, à peu de distance l'une de l'autre, mais séparées par des cloisons fixes doubles ou diaphragmes portant les tuyères distributrices. Chacune d'elles fonctionne dans une chambre séparée que forme un milieu de pression uniforme, c'est-à-dire que la turbine est une turbine à action.

Diaphragmes.

Les diaphragmes doubles forment des compartiments dans lesquels ne pénètre pas la vapeur et qui diminuent le volume des chambres de détente.

Roues mobiles.

Les roues sont composées de disques minces d'acier au nickel pour éviter l'oxydation, disques légèrement bombés, pour en augmenter la résistance, et sur le bord rabattu desquels sont rivées les aubes, également en métal inoxydable. Chacune de ces roues est équilibrée avec soin, pour une vitesse supérieure à la marche normale de l'appareil. Les aubes fixes, qui forment les tuyères des distributeurs, sont fixées à l'enveloppe extérieure de la turbine.

Les diaphragmes qui séparent les roues mobiles et forment les

chambres séparées dans lesquelles elles fonctionnent, sont enfilés sur l'arbre moteur, avec très peu de jeu dans les coussinets en anti-friction dont sont munis leur moyeux.

Importance des jeux.

Les jeux entre les parties fixes et les parties mobiles dépassent généralement 3 mm, et peuvent, paraît-il, atteindre sans inconvénient 5 à 6 mm. Ce sont là des chiffres élevés, il n'est pas besoin de le faire remarquer, et qui s'expliquent par le milieu d'égale pression dans lequel tourne chaque roue mobile.

Paliers.

Dans le type primitif, il y avait trois paliers, les deux paliers extrêmes, placés à la sortie de l'arbre de la turbine, et le palier intermédiaire placé entre les deux séries de roues de différents diamètres, dont se compose l'appareil.

Dans les turbines ultérieures, le palier intermédiaire, qui donnait liéu à des entraînements d'huile dans la turbine au moment de l'arrêt, par suite du vide partiel qui se produisait alors, a été supprimé, et il n'en reste plus que des paliers complètement extérieurs.

Ceux-ci ont leur surface largement calculée.

La figure 35 représente une turbine multicellulaire à trois séries de roues de différents diamètres, avec paliers extrêmes montés sur les fonds de la turbine, mais sans palier intermédiaire entièrement intérieur; on voit très nettement la disposition des coussinets des paliers à la sortie de l'arbre de la turbine.

Cette figure indique également la disposition employée pour soulever la demi-enveloppe supérieure.

La figure 36, au contraire, qui indique le montage de deux turbines multicellulaires montées en tandem sur le même arbre, montre la disposition de paliers complètement extérieurs.

Admission directe.

On voit sur cette figure que, comme sur la turbine Parsons, une valve permet d'introduire de la vapeur vive entre les deux séries de roues dont se compose la partie mobile de la turbine d'admission, pour la marche en surcharge.

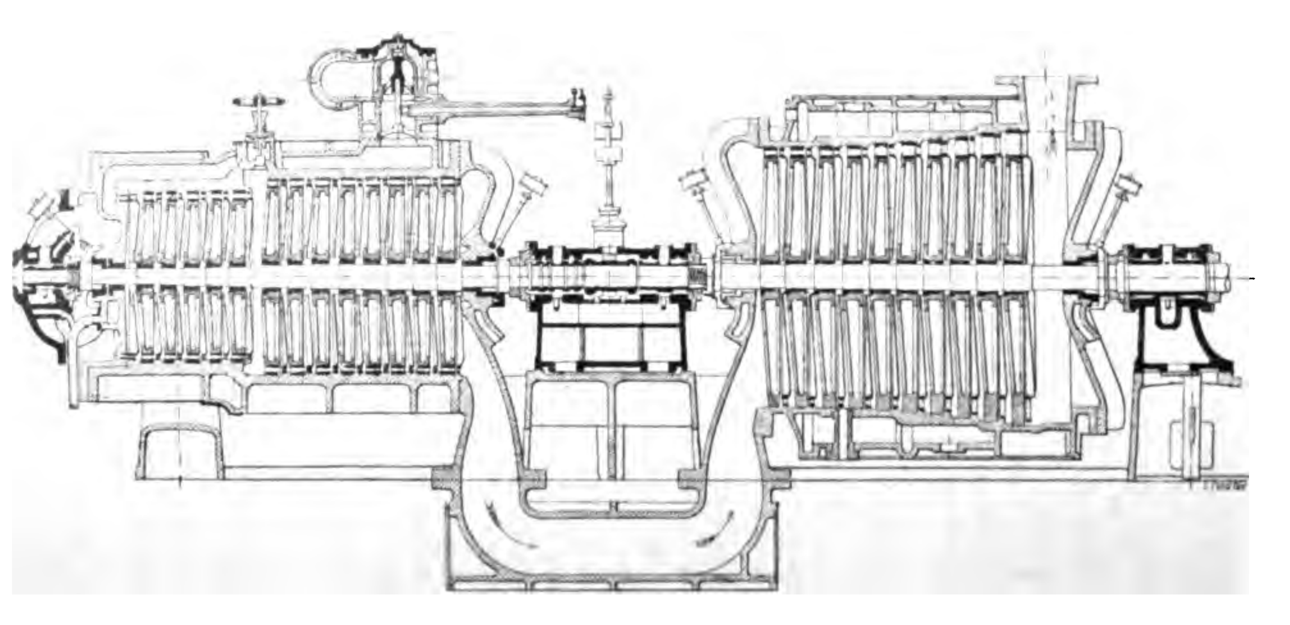


Fig. 36.

PRESSE-ÉTOUPES.

La disposition des presse-étoupes de sortie de l'arbre des turbines est indiquée par la figure 37.

Comme on le voit, cette disposition repose à la fois sur l'emploi d'une cavité, qui peut être remplie de vapeur à la pression nécessaire, et par le serrage de deux bagues en métal approprié,

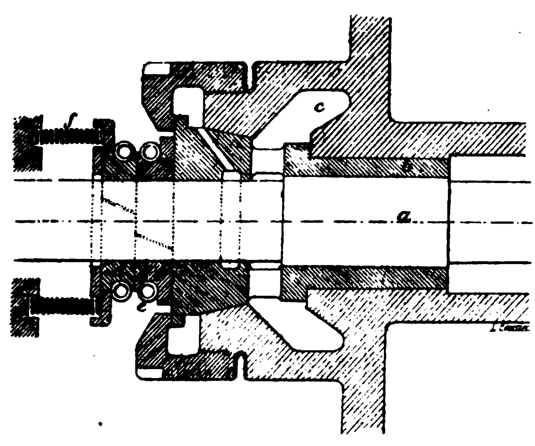


FIG. 37.

construites en deux morceaux, etp ressées à l'aide de ressorts butant sur une partie fixe.

La partie conique du bouchon presse-étoupes assure l'étanchéité à la périphérie dudit bouchon et les bagues extérieures l'étanchéité sur le pourtour de l'arbre.

Cette disposition, qui peut donner lieu à des frottements de l'arbre dans les bouchons presse-étoupes et sur les bagues, paraît moins simple que celle employée par Parsons, dans laquelle il n'y a aucun frottement métallique.

ADMISSION PARTIELLE.

Dans la turbine Rateau, destinée à une charge constante ou à peu près, la régularisation de la vitesse est obtenue par un régulateur à force centrifuge, avec compensateur agissant sur un obturateur qui abaisse la pression d'arrivée de la vapeur quand il faut réduire la charge, ce qui ne présente pas d'inconvénient sérieux quand cette dernière n'est pas trop variable.

Pour les appareils où, au contraire, elle est susceptible de variations prononcées, M. Rateau préfère employer un distributeur réglable à l'introduction, de manière à agir sur la quantité de vapeur admise, et non sur sa pression.

Ce réglage du premier distributeur est assuré par une vanne, directement commandée par le régulateur, et qui vient fermer plus ou moins les orifices du premier distributeur.

Quant aux distributeurs suivants, leur réglage est fixe, et consiste dans l'interposition, sur certains secteurs, de parties pleines entre les aubes directrices, de manière à augmenter les passages proportionnellement à la détente de la vapeur.

Graissage.

Le graissage des différents paliers, ainsi que celui des presse-étoupes de sortie de l'arbre, est assuré à l'aide de graisseurs séparés, sans l'emploi du graissage sous pression, tout au moins dans les premiers types.

Réglage des jeux.

La position relative des pièces fixes et mobiles est maintenue par un coussinet à collets, disposé dans le palier extérieur placé du côté de l'échappement. Un dispositif à vis, monté au contraire sur le palier d'arrière, permet de rattraper le jeu longitudinal.

Cette disposition tend peut-être à éloigner les aubes des roues mobiles des canaux formés par les aubes fixes directrices, mais ce léger déplacement n'a pas de conséquence sur le rendement, les roues tournant dans un milieu d'égale pression.

Emploi des turbines.

Les turbines Rateau multicellulaires peuvent, comme les autres turbines à roues multiples, être employées à la conduite de dynamos, de pompes rotatives, de ventilateurs, à la propulsion des navires, etc.

M. Rateau a, de plus, réalisé l'utilisation, à l'aide de turbines à basse pression, de l'énergie contenue dans la vapeur d'échappement des machines alternatives. C'est là une application des plus intéressantes des qualités bien connues des turbines, qui permettent d'épuiser, pour ainsi dire complètement, l'énergie contenue dans la vapeur.

Installation des Mines de Bruay.

Cette application a été réalisée pour la première fois aux Mines de Bruay, où la vapeur provenant d'une machine d'extraction alimente une turbine à basse pression de 300 ch, après avoir traversé un accumulateur de vapeur créé par M. Rateau, accumulateur qui permet d'égaliser le débit, forcément variable, de l'échappement, et d'amener à la turbine de la vapeur à pression à peu près constante.

La figure 38 représente cette installation.

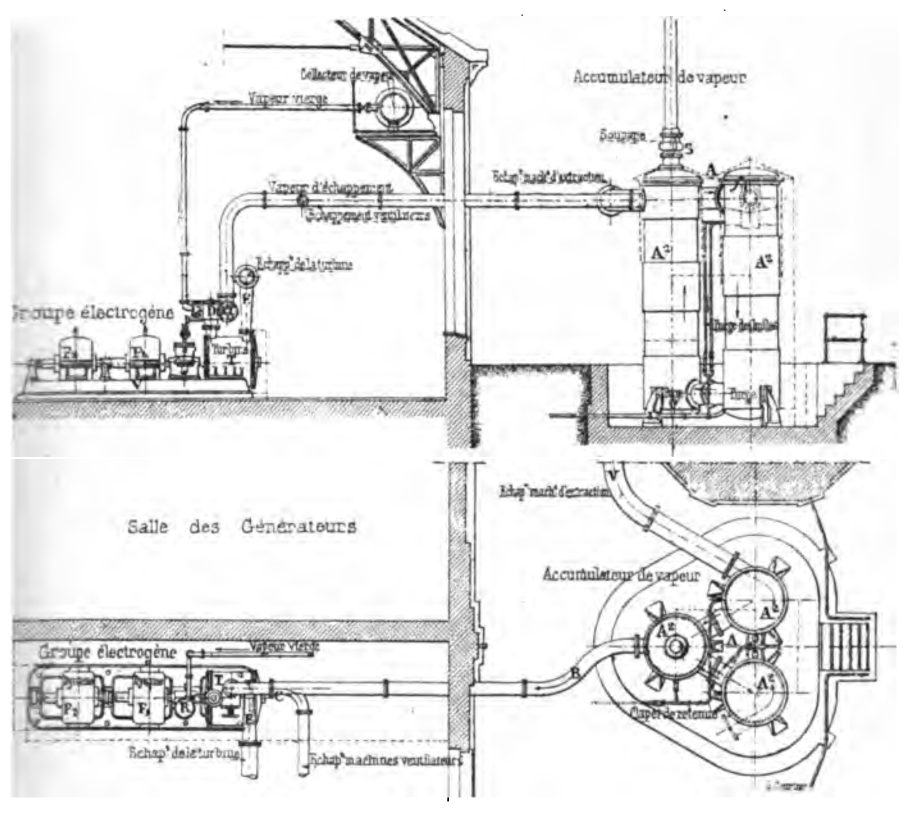


Fig. 38.

La turbine commande un groupe de deux dynamos à courant continu, calées en tandem sur l'arbre même de la turbine.

L'installation du groupe électrique de 300 ch prend 5 m de longueur, 1,40 m de largeur, et 2 m de hauteur, c'est-à-dire,

occupe un volume très restreint. Les roues ont 0,88 m de diamètre. Un régulateur très sensible règle la vitesse de rotation à 1 600 tours environ, de manière que les variations ne dépassent pas 2 0/0, malgré les variations de charge et aussi les fluctuations inévitables de la pression dans l'accumulateur de vapeur.

La pression d'échappement de la machine d'extraction étant d'environ 0,9 kg, la turbine fait tomber cette pression à 0,15 kg: le bénéfice réalisé est donc très sensible.

Il résulte d'essais exécutés par M. Sauvage, Ingénieur en Chef des Mines, et M. Picon, Ingénieur Civil, que la consommation de vapeur à 147 degrés, pression 1,034 kg, a été de 17,9 kg par cheval à pleine charge, 316,5 ch électriques aux bornes, la pression d'échappement de la turbine étant de 0,196 kg.

La consommation à charge réduite augmente naturellement avec la réduction de charge, la pression de la vapeur diminuant elle-même. C'est ainsi qu'en développant 95,6 ch électriques seulement aux bornes, elle s'élève de 23,2 kg, la température d'admission dans la turbine étant de 111 degrés, la pression d'admission 0,381 kg, et celle d'échappement 0,088 kg.

Ce sont là des résultats très satisfaisants, car il ne faut pas perdre de vue que ces chiffres de consommation de vapeur à basse tension ne sont aucunement comparables à ceux obtenus avec de la vapeur vive à haute tension.

Il y a là une application des propriétés des turbines qui fait grand honneur à M. Rateau, application qui peut rendre d'énormes services dans les grandes usines qui comportent beaucoup de machines alternatives dont le travail est variable, comme les forges, aciéries, mines, etc.

Propulsion des navires.

La turbine Rateau a été également appliquée aux torpilleurs de la Marine française n° 243, dont les essais ont commencé en 1902.

Malheureusement, des circonstances diverses et surtout la recherche des hélices convenables, si délicate, n'ont pas permis de tirer encore des conclusions certaines de l'essai qui se poursuit.

Il n'a notamment pas été possible d'être fixé sur la consommation de vapeur, même approximative, et il n'est, par suite, pas possible de comparer les résultats obtenus à ceux donnés pour le même usage pour les turbines Parsons.

Une autre application de la turbine Rateau, d'une puissance de 1 700 ch, a été faite sur un petit torpilleur construit en Angleterre par Yarrow, qui a donné des résultats satisfaisants comme vitesse; mais rien n'a été publié sur la consommation de vapeur.

Il faut remarquer que, pour la propulsion des navires, la poussée de l'hélice n'étant pas, dans la turbine Rateau, contrebalancée par la poussée axiale, qui n'existe pas, il faut recourir à un palier de butée, analogue à celui qui existe entre les hélices et les machines alternatives. Toutefois, ce palier peut être installé à l'avant de la turbine, au lieu d'être intercalé entre elle et l'hélice.

Consommation de vapeur.

D'après des essais exécutés dans les ateliers de la maison Sautter Harlé par M. Wissler, Chef des Études techniques, sur une turbo-dynamo de 500 ch, la consommation de vapeur a été de 6,95 kg en surcharge (677 ch), 7,14 kg à charge (525 ch), 8,16 kg à demi-charge (259 ch), et 9,66 kg à quart de charge (135 ch).

Il n'est pas possible de donner pour ces turbines, un graphique comme celui donné pour les turbines Parsons, car les renseignements font défaut; la comparaison eût cependant été très intéressante.

Développement de la turbine Rateau.

La turbine Rateau, bien que relativement récente, a déjà reçu un nombre assez considérable d'applications. Le total de ces applications s'élève à 14 710 ch effectifs sur l'arbre de la machine, les turbines les plus puissantes développant 2 000 ch.

Sans doute ces chiffres sont loin de ceux donnés par la turbine Parsons, mais celle-ci est beaucoup plus ancienne, et a reçu, depuis son apparition, en 1884, des perfectionnements qui l'ont rendue tout à fait pratique.

Il n'est pas douteux que la turbine Rateau suivra la même voie. Seul l'emploi industriel des appareils montre les perfectionnements à y apporter.

Turbine Bréguet à disques de Laval.

La maison Bréguet, après avoir longtemps construit et étudié des turbines de Laval, a fait à son tour des recherches et, dans

le courant de 1901-1902, a créé un type de turbine à roues multiples, dont la figure 39 donne la disposition.

Cette turbine, étudiée avec le plus grand soin par M. Delaporte, directeur des ateliers, qui a publié une brochure très in-

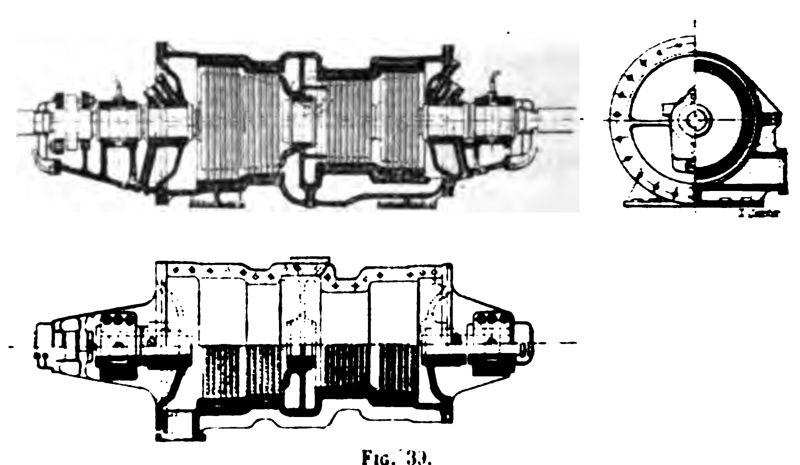


Fig. 39.

téressante et très bien faite sur les conditions qui ont dicté le choix de la maison Bréguet, est une turbine à action, composée de séries de disques de Laval juxtaposés.

C'est une turbine à injection totale et aucun moyen de réglage n'est prévu pour la distribution. Des précautions spéciales ont été prises pour limiter l'importance des fuites, tout en ayant les jeux les plus considérables possibles entre les parties fixes et les parties mobiles.

La figure 22 *(Pl. 73)* représente la turbine démontée, l'arbre et les roues étant restés montés dans leurs paliers, qui font partie de la demi-enveloppe inférieure.

La demi-enveloppe supérieure est placée à terre, renversée devant la turbine proprement dite.

La figure 23 *(Pl. 73)* montre, d'une manière plus apparente, les dispositions de l'arbre, des roues mobiles, des paliers et aussi des presse-étoupes.

Description de la turbine.

Comme on le voit, l'ensemble de la turbine se compose de quatre séries de roues de diamètres croissants, répartis de part et d'autre de l'arrivée de vapeur.

Parcours du fluide.

Le fluide, après avoir agi sur deux des séries de roues, se rend, par un canal disposé au-dessous de l'enveloppe de la turbine, dans une chambre d'où il passe à travers les autres séries de roues, en s'écoulant dans une direction inverse de celle qu'elle suit dans les premières séries.

Un guide, plutôt qu'un palier, est disposé entre les deux groupes de roues, et empêche la communication directe des deux chambres de distribution de ces groupes.

Équilibre de la poussée axiale.

L'écoulement en sens inverse, dans les deux groupes de roues, a pour but d'équilibrer la poussée axiale, ou, du moins, de la réduire au minimum. Cet équilibre se produit certainement en marche, mais, au démarrage, alors que la vapeur ne parcourt encore que les premières séries de roues, on peut craindre qu'il n'y ait une poussée axiale qui cesse brusquement quand la vapeur agit sur le second groupe de roues.

Réglage des jeux.

Aussi un moyen de réglage à vis contraires est-il ménagé à l'extérieur du palier, du côté opposé à la transmission de l'énergie. Ce réglage à vis est plus simple que celui employé par Parsons, mais peut-être est-il moins efficace, les vis qui servent d'arrêt présentant beaucoup moins de surface de frottement que les collets de l'arbre des turbines Parsons.

Disposition des paliers.

A part le guide placé entre les deux groupes de roues mobiles, les paliers supportant l'arbre de la turbine sont complètement extérieurs à celle-ci. Il ne peut donc y avoir de rentrées d'huile au moment de l'arrêt. Les coussinets sont lubrifiés à l'aide d'huile sous pression, qui est refoulée par une petite pompe.

Presse-étoupes.

Les presse-étoupes de sortie de l'arbre *(fig. 19, Pl. 73)*, entièrement métalliques, ressemblent beaucoup à ceux de la turbine

Parsons, bien que de dispositions différentes. Leur fonctionnement est basé sur l'obturation produite par un filet de vapeur arrivant par des ouvertures ménagées dans le manchon qui entoure l'arbre, et qui, en tendant à s'échapper vers le milieu de moindre pression, rencontre des gorges circulaires, dans lesquelles il forme matelas, grâce aux effets de la force centrifuge.

Roues mobiles.

Les figures 24 et 25 *(Pl. 73)* représentent deux roues mobiles : la première, placée du côté de l'arrivée de vapeur, n'a que des aubes très courtes, la seconde, placée au contraire du côté de l'échappement, a des aubes beaucoup plus longues, pour augmenter les sections de passage de la vapeur détendue.

Les roues mobiles sont en acier, de même que les aubes, qui sont réunies à ces roues par insertion latérale, suivant le mode actuellement employé pour les aubes des turbines de Laval.

La figure 18 donne la forme de ces aubes, et fait bien voir la partie qui s'encastre dans les alvéoles ménagées à la jante des roues.

L'extrémité de l'aube porte, comme dans les aubes de Laval, un renflement de forme telle qu'une fois en place, la réunion de ces renflements forme un cercle continu, ressemblant à un anneau d'une seule pièce.

Cette juxtaposition des extrémités des aubes empêche celles-ci de fléchir sous l'action du courant de vapeur, tout en leur assurant une position invariable l'une par rapport à l'autre.

Les premiers exemplaires de cette turbine sont construits depuis trop peu de temps pour qu'il soit possible de donner aucun chiffre de consommation.

Turbine Curtis.

Historique.

Le brevet de la turbine Curtis à axe vertical date de 1895, mais ce n'est guère que dans ces dernières années qu'a commencé la construction industrielle de cette turbine qui, jusqu'ici, n'est guère connue qu'en Amérique. On commence cependant à la construire en France, en Angleterre et en Allemagne.

Genre de la turbine.

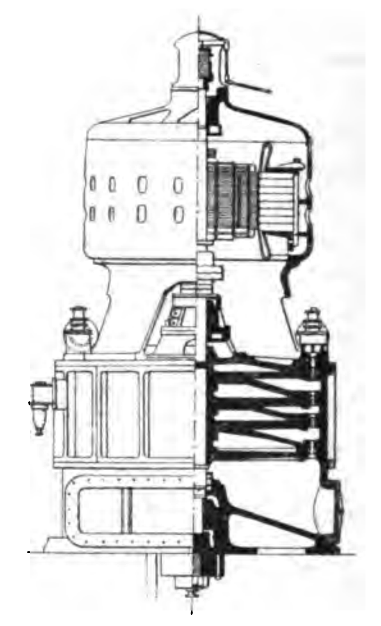
C'est, en réalité, une turbine mixte, car si chaque roue tourne sous l'impulsion que reçoivent ses aubes de jets de vapeur provenant d'un distributeur à tuyères dans lequel la vapeur s'est préalablement détendue, d'autre part, la vapeur, après avoir traversé la première couronne d'aubes mobiles, rencontre une couronne d'aubes fixes et vient à nouveau frapper une seconde couronne d'aubes mobiles fixée sur la même roue que la première.

La vapeur agit donc par action sur la première couronne d'aubes mobiles puis, par réaction, sur la seconde.

C'est, en même temps, une turbine compound, puisque la vapeur se détend dans plusieurs chambres et agit sur plusieurs roues successives.

Il faut noter que, dans cette turbine, la pression à l'entrée de chaque chambre, avant le passage sur la première couronne d'aubes mobiles, est différente de celle à la sortie de la chambre après le passage sur la seconde.

Il y a donc, non pas détente uniquement dans le distributeur, mais détente progressive.



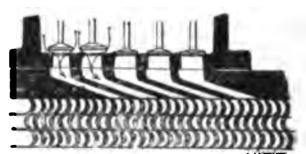


Fig. 40.

Description de la turbine.

La figure 40 montre la disposition d'une turbine Curtis surmontée de la dynamo qu'elle commande.

A priori, cette disposition, qui a pour résultat de charger l'arbre placé verticalement et d'exiger, pour la visite de la turbine, le démontage de la dynamo et son enlèvement, paraît critiquable et il semble que la disposition horizontale présenterait des avantages sérieux sans inconvénient grave, si on disposait toujours les clapets d'admission de manière

qu'ils fonctionnent verticalement. On construit maintenant jusqu'à 300 kw des types à axe horizontal.

Dans la turbine qui est représentée, les chambres de détente et les roues à aubes sont au nombre de quatre, mais ce nombre est variable, ainsi qu'il est dit plus loin.

La disposition des tuyères par rapport aux roues et la double action de la vapeur ont pour résultat de faire tourner les roues dans un milieu dont la pression sur leurs deux faces n'est pas absolument égale ; il y a donc une poussée axiale dans le sens de l'écoulement de la vapeur, c'est-à-dire dans le sens vertical et de haut en bas.

C'est cette poussée axiale qui motive les dispositions de réglage et de graissage du pivot tout à fait spéciales dont il sera question plus loin.

Nombre de roues.

Dans les turbines Curtis, le nombre de roues et, par suite, le nombre d'aubes est sensiblement plus faible que dans les autres turbines à roues multiples ; cela tient à ce que, en réalité, à une même roue correspondent deux chutes de pression successives.

La répartition des chambres de détente et des roues à aubes est d'ailleurs différente, suivant la puissance de la turbine, ainsi qu'il est indiqué ci-dessous.

1,25 kilowatts.	—	1 étage,	2 roues par étage.			axe horizontal.
15	—	1	—	3	—	
25	—	1	—	3	—	
50 à 75	—	2 étages,		2	—	
100	—	3	—	2	—	
150	—	3	—	2	—	
		4	—	3 pour le premier. 2 pour les suivants		
300	—	4	—	2 roues par étage.		
500	—	2	—	3	—	axe vertical.
		4	—	2	—	
800	—	2	—	3	—	
1 500	—	2	—	3	—	
		4	—	2	—	
2 000	—	4	—	2	—	
3 000	—	4	—	2	—	
5 000	—	4	—	2	—	

Comme on le voit, la répartition des roues est assez variable.

Diamètre des roues.

Le diamètre des roues est relativement considérable, de sorte que, si la vitesse de rotation de l'arbre reste dans des limites très raisonnables et semblables à celles données par les autres turbines, par contre, la vitesse périphérique est élevée et, de ce fait, les matériaux sont soumis, par l'effet de la force centrifuge, à des efforts considérables. C'est là un inconvénient sérieux, surtout pour les appareils puissants.

Nombre d'aubes.

Les aubes tant fixes que mobiles sont naturellement moins nombreuses dans cette turbine que dans les turbines analogues; c'est ainsi que, dans un appareil de 500 kw, il n'y a que 1 395 aubes réparties sur 4 roues et 4 couronnes d'aubes fixes, à raison de 280 sur la première roue et de 185 sur la dernière.

Disposition et forme des aubes.

La disposition des aubes fixes et mobiles, ainsi que celle des tuyères de distribution, est donnée au-dessous de l'ensemble de la turbine.

La disposition représentée est celle correspondant à la première chambre de la turbine; les autres sont, d'ailleurs, tout à fait analogues si on supprime la partie supérieure des tuyères contenant les clapets d'admission de vapeur dans celle-ci.

D'après le constructeur, la forme, le tracé et la grandeur des aubes sont déterminés par des procédés analogues à ceux qui servent pour les turbines hydrauliques, mais avec des corrections tenant compte du frottement dû à la vitesse d'écoulement de la vapeur, corrections qui sont le résultat d'expériences nombreuses dont il se réserve les résultats.

Le tracé des aubes est une courbe à trois centres, presque symétrique par rapport au plan médian de la couronne, mais dont les canaux sont cependant légèrement convergents.

La courbure des aubes mobiles et directrices varie, d'ailleurs, avec la position de la roue dans l'écoulement de la vapeur.

Leur hauteur radiale varie dans les mêmes conditions; les aubes placées à l'arrivée de vapeur ayant environ 19 mm. de hauteur, tandis que celles placées du côté de l'échappement ont 25,4 mm.

Jeux suivant l'axe.

Les jeux entre les parties mobiles et les parties fixes ont plus ou moins d'importance, suivant qu'ils sont dans le même sens de l'axe ou dans le sens du rayon.

Dans le sens de l'axe de rotation, ils sont toujours très faibles et varient de 0,5 mm., dans les turbines de faible puissance, à 2 mm. Dans celles de 5000 kw, ils demandent donc à être réglés avec le plus grand soin.

Réglage des jeux suivant l'axe.

Ce réglage est assuré par une disposition à vis installée dans la partie fixe de la crapaudine et qui permet de soulever ou d'abaisser l'arbre de la quantité voulue pour que les jeux aient la valeur indiquée plus haut.

Jeux suivant le rayon.

Les jeux suivant le rayon sont sensiblement plus élevés que dans le sens axial, étant donné leur peu d'importance par suite de la faible différence de pression existant à l'entrée et à la sortie d'une même chambre. Ils sont généralement de 25 à 30 mm.

Réglage de l'admission de vapeur.

Comme chacune des tuyères d'admission sur la première roue, qui sont en nombre restreint, représente une notable portion de la puissance totale de la turbine, il faut que l'ouverture ou la fermeture en soit rapide; aussi leur fonctionnement est-il commandé par un régulateur très sensible réglé pour une variation de vitesse de 2 °/₀ entre la marche à pleine charge et celle à vide, tout en limitant à 4 °/₀ les variations momentanées.

Un dispositif spécial permet, de plus, de régler l'admission dans la boite qui contient les clapets d'arrivée de vapeur aux tuyères, de manière que la régularité de rotation soit aussi constante que possible.

Enfin, un dispositif de sûreté règle l'arrivée de vapeur dans le tuyau desservant les boites de distribution et fonctionne dès que la vitesse réalisée diffère en plus ou en moins de la vitesse normale d'environ 15 °/₀.

Disposition et nombre des tuyères.

Les tuyères de distribution sont, ainsi qu'on peut le voir sur la figure du type convergent, divergentes. Bien que la turbine soit normalement construite pour la marche à condensation, leur nombre est suffisant pour que, lorsqu'elles fonctionnent toutes, la turbine puisse échapper à l'air libre sans diminution de puissance.

Autrement dit, la turbine, quand elle marche à condensation, a une capacité de surcharge d'environ 100 0/0.

Pression et vide.

La turbine Curtis est réglée pour une pression de régime de 10,550 kg et un vide de 71 cm. Une variation de 15 0/0 en plus ou en moins sur la pression normale n'affecte pas sensiblement l'économie, bien que la diminution de la pression diminue la capacité de surcharge.

Cette réduction n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire, en raison de la grande capacité de surcharge indiquée plus haut.

Si, au contraire, la pression dépasse 10,550 kg, la perte d'utilisation s'accroît avec l'augmentation de la pression, la vapeur ne pouvant se détendre qu'à peu près dans la même proportion que lors de la marche avec la pression normale et s'échappant, par suite, avant sa détente complète.

Disposition du pivot de l'arbre vertical.

Comme l'arbre vertical est lourdement chargé et qu'il doit, de plus, supporter une certaine poussée axiale de haut en bas par suite de la différence des pressions à l'entrée et à la sortie de chaque chambre, des précautions spéciales sont prises pour assurer le fonctionnement de la crapaudine et le réglage des jeux dans le sens de l'axe entre les parties fixes et les parties mobiles.

Comme à l'ordinaire, la réduction des mouvements relatifs de l'arbre et de la partie fixe de la crapaudine est obtenue par l'interposition de rondelles mobiles largement lubrifiées pour diminuer les résistances.

Graissage du pivot.

Le graissage est assuré par l'admission entre les rondelles, la crapaudine et l'arbre, d'huile sous pression qui y est amenée par des pattes d'araignées et des trous ménagés à cet effet dans les parties frottantes.

Les pressions employées dans cette disposition dépassent de beaucoup celles employées dans les dispositifs similaires, en raison des charges supportées.

C'est ainsi que, pour une turbine de 500 kilowatts, la pression de l'huile est de 12 kg par cm^2 et que, pour une turbine de 5 000 kilowatts, elle atteint le chiffre de 63 kg par cm^2.

Le débit d'huile par minute est également très considérable. il est de 2,25 l dans le premier cas et de 18 l dans le second.

Les précautions prises contre l'échauffement du pivot sont donc très sérieuses; elles ne paraissent cependant pas exagérées, étant données la vitesse de rotation, la charge et la poussée axiale.

La turbine Curtis n'est pas encore assez connue pour qu'on puisse donner un jugement définitif sur ces dispositions, mais elles paraissent assez délicates et un échauffement aurait des conséquences très fâcheuses.

La construction de turbines à axe horizontal, qui est commencée pour les puissances au-dessous de 300 kilowatts, fait disparaître en partie ces objections; mais ce serait surtout pour les grandes puissances que cette disposition serait intéressante, l'axe vertical étant bien lourdement chargé.

Emploi de la turbine Curtis.

Cette turbine, de construction récente, n'a jusqu'ici été utilisée qu'en Amérique et en Angleterre pour la conduite de machines électriques à axe vertical.

Un essai d'application à la propulsion des navires a cependant été tenté en 1900 sur le yacht « Révolution », mais l'installation n'est pas connue en détail.

On sait seulement que la turbine, dont l'axe était placé horizontalement, développait 2 000 ch à 700 tours.

La marche arrière était assurée par une simple roue dont les ailettes étaient disposées en sens inverse de celles des roues pour la marche avant.

Consommation de vapeur.

Les chiffres de consommation de vapeur ne sont jusqu'ici connus que par ce qu'en a donné le constructeur. La consommation variait de 6,2 kg par cheval effectif en pleine charge, à 7 kg à quart de charge pour une turbine de 1 000 kilowatts. L'augmentation de consommation paraît bien faible, si on la compare à la réduction de charge.

D'autre part, la consommation varierait, comme il est naturel, avec l'importance du vide au condenseur. De 13 kg avec un vide de 50 cm, elle tomberait à 8,60 kg avec un vide de 70 cm. Ici, la diminution de consommation, 34 0/0, paraît bien forte.

Enfin, la consommation baisserait de 0,18 kg pour 10° de surchauffe.

Ces chiffres demandent à être vérifiés par un fonctionnement industriel un peu prolongé et, pour être fixé définitivement au sujet de la consommation de cette turbine, il convient d'attendre qu'elle ait fait ses preuves en service courant.

Turbine Riedler-Stumpf.

Historique et mode d'action de la vapeur.

La turbine Riedler-Stumpf est de création toute récente, puisque la première description en a été donnée par M. le professeur Riedler en novembre 1903.

C'est une turbine à action, la vapeur se détendant dans les tuyères distributrices avant son arrivée dans les aubes ou plutôt dans les augets de la roue qui ressemble beaucoup à la roue Pelton.

Types divers.

Il en existe plusieurs types ; les uns à roue simple et à grande vitesse, 1 500 à 3 000 tours, les autres à roues multiples en plus ou moins grand nombre, tournant à des vitesses plus faibles.

Vitesse périphérique.

Dans le type à roue simple, la vitesse périphérique atteint 300 à 400 m en raison du diamètre relativement considérable de la

roue; aussi faut-il que les matériaux entrant dans la construction de cette dernière soient d'excellente qualité pour résister aux efforts développés par la force centrifuge et que, de plus, la roue soit parfaitement équilibrée.

Équilibrage.

A ce dernier point de vue, on serait arrivé, paraît-il, à réduire à 0,01 mm la distance entre le centre de gravité des parties tournantes et leur centre de figure; si ce chiffre est exact, le résultat obtenu serait remarquable.

Roue mobile.

La roue (*fig. 41*) est formée par un disque en acier poli, calibré avec soin et ayant une forme analogue à celle des disques de Laval, c'est-à-dire avec la masse du métal ramené vers le centre. L'acier employé est un métal contenant 10 0/0 de nickel, de façon à éviter les effets de l'oxydation.

Aubes.

La roue porte, à sa périphérie, les aubes ou plutôt les augets qui ne sont pas rapportés, mais taillés à l'outil dans la jante même ; elles présentent donc toute solidité, surtout étant donnée leur forme.

Les aubes peuvent être simples ou doubles, suivant le type de turbine. Quand elles sont simples, la vapeur entre d'un côté pour sortir de l'autre, à peu près comme dans la turbine de Laval. Dans les auges doubles, au contraire, la vapeur arrive pour ainsi dire tangentiellement dans le plan médian de la roue, se divise en deux sur la cloison qui sépare les deux auges voisines et parcourt chacune d'elles comme dans le premier cas, en s'échappant latéralement par les deux faces de la roue.

Tuyères distributrices.

La vapeur arrive sur les aubes par l'intermédiaire de tuyères analogues aux tuyères de Laval, mais non circulaires, la partie divergente de l'ajutage étant de forme carrée comme l'indique le détail porté sur la figure 42. Ainsi qu'on peut le voir, ces aju-

tages sont du type convergent divergent, reconnu le plus favorable pour les turbines à action.

Comme la roue elle-même, ces tuyères sont en acier au nickel de manière à éviter l'oxydation. Pour les grandes puissances, elles sont réparties sur toute la périphérie de la roue mobile, tandis que pour les puissances plus faibles, où elles sont en moins grand nombre, elles sont réunies sur un seul secteur.

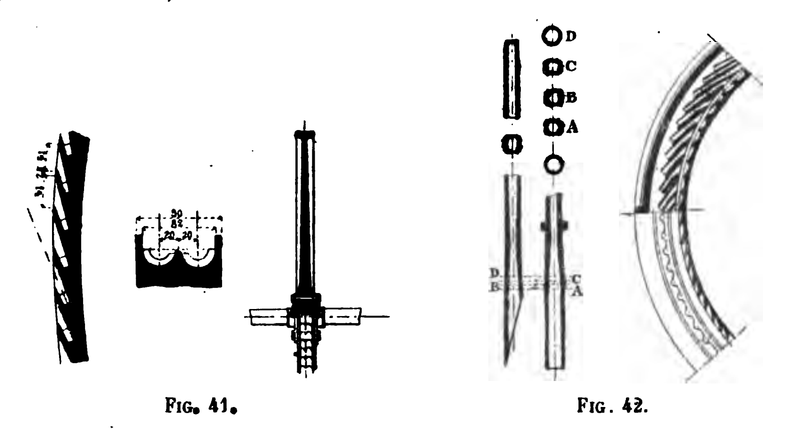


Fig. 41. Fig. 42.

Si, dans le premier cas, on veut réaliser l'admission partielle, on ne fait fonctionner que celles réunies sur un secteur donné, en ayant soin de masquer les autres par un dispositif spécial de manière à diminuer la résistance de l'air.

Jeux.

La distance entre la roue mobile et l'extrémité des tuyères varie de 3 à 5 mm, de manière à éviter toute chance de contact entre les parties fixes et les parties mobiles.

Disposition des paliers.

Par suite de la disposition des tuyères, il ne se produit aucune poussée axiale; aussi la construction des paliers placés extérieurement à l'enveloppe de la turbine est-elle relativement légère et il ne peut se produire de rentrée d'huile dans l'enveloppe de la turbine au moment de l'arrêt, alors que le vide s'y produit temporairement.

Étant donné le faible poids de la roue, les paliers sont peu volumineux, bien que la roue (ou les roues dans le cas de fonctionnement compound) soit placée en porte-à-faux.

Diamètre de la roue mobile.

Par contre, le diamètre de la roue est toujours assez grand si on le compare à la puissance; l'enveloppe de la turbine est donc assez volumineuse en diamètre, bien que relativement étroite.

Installations diverses.

Une des figures (n° 43) représente un groupe électrogène de 2000 ch tournant à 3000 tours, avec roue installée en porte-à-faux; on voit que l'enveloppe fait une saillie de 2,100 m au-dessus du sol.

L'autre figure 44 représente une turbo-dynamo de 500 kilowatts,

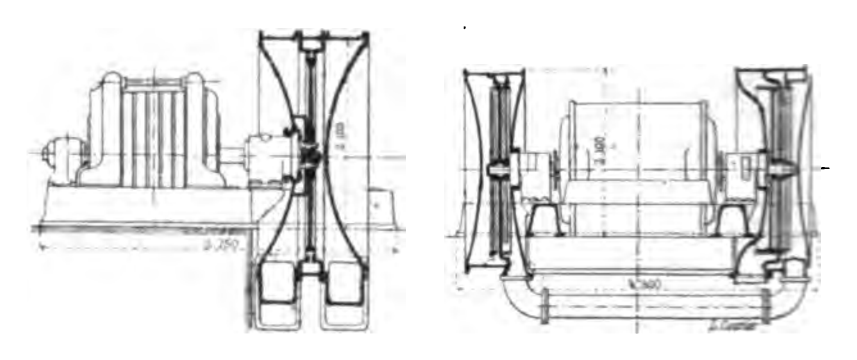


Fig. 43. Fig. 44.

fonctionnant à la vitesse de 500 tours et commandée par des turbines compound comprenant quatre roues disposées deux à deux dans des enveloppes placées de part et d'autre de la dynamo. Ici encore la saillie des enveloppes au-dessus du sol est considérable, surtout si on tient compte de la puissance développée à 500 tours, il est vrai.

Dans cette disposition, la vapeur, après avoir agi successivement sur les deux roues de la première enveloppe, se rend aux appareils distributeurs des deux dernières par un tuyau de dimension appropriée, passant sous le bâti qui porte la dynamo et les turbines. (La figure 45 donne une installation à condensation.)

CONSOMMATION DE VAPEUR.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, cette turbine n'a fait son apparition que tout dernièrement; aussi n'a-t-on que quelques chiffres d'essai et rien de service courant.

La turbine du laboratoire de mécanique du collège de Charlottenbourg, la première construite, est munie de deux roues de

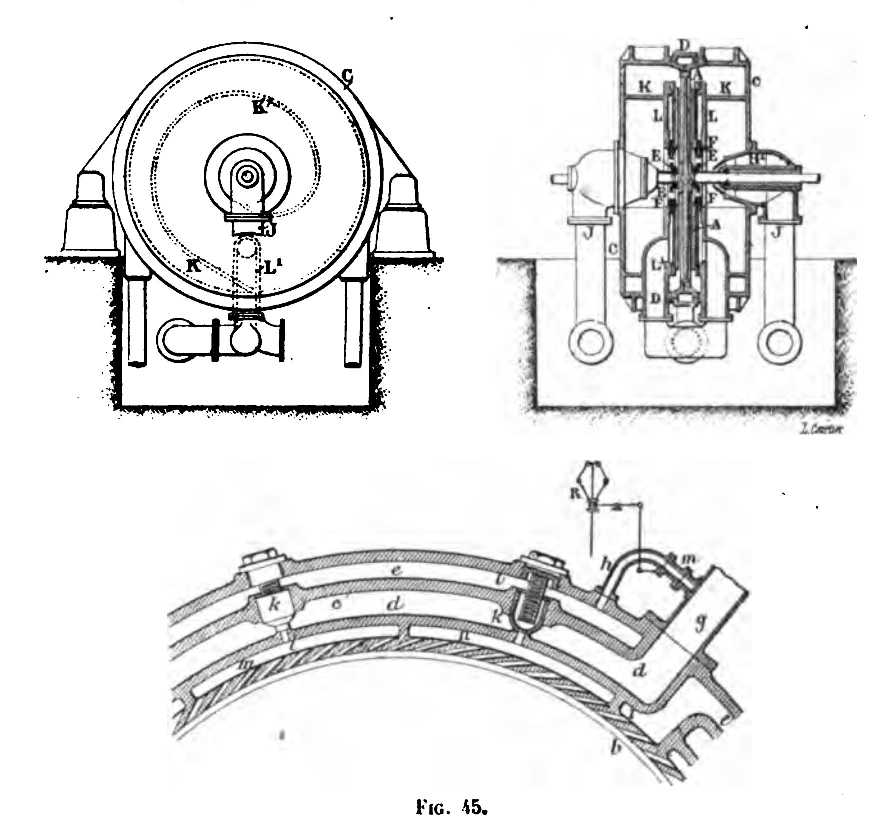


FIG. 45.

1,50 m de diamètre avec auges simples, qui servent, l'une pour la marche simple avec échappement à l'air libre et les deux réunies pour la marche compound avec condensation. Cette turbine aurait donné une consommation de 13 kg de vapeur par cheval effectif, mais les conditions dans lesquelles a été obtenue cette consommation ne sont pas indiquées.

La seconde turbine sur laquelle aient été faits des essais est celle de la station électrique de Moabit, à Berlin, dont la cons-

truction est plus simple que celle dont il est question plus haut.

A la vitesse de 3000 tours, avec une pression de 13,25 kg, une température de vapeur de 294° C. et un vide de 65 cm, elle aurait donné, en développant 1915 ch, une consommation de vapeur de 8,89 kg aux premiers essais et de 8 kg seulement dans des essais consécutifs.

Les parties tournantes de cette turbine ne pèsent que 850 kg.

Ces chiffres de consommation sont satisfaisants, étant donnée la puissance de la turbine, puisqu'ils correspondent à environ 7,55 kg et 6,80 kg par cheval indiqué; mais ce sont des chiffres d'essai et l'appareil est encore trop récent pour qu'il soit possible d'en tirer des conclusions définitives en faveur de cette turbine.

Il est très probable que, comme pour tous les appareils, la consommation en service courant sera sensiblement supérieure à la consommation d'essai, mais il est encore impossible de déterminer dans quelle proportion, cette variation dépendant des conditions d'établissement de l'appareil et de la perfection de son montage.

La grande vitesse périphérique des roues, qui ont un diamètre considérable, ne laisse pas d'ailleurs de présenter certains inconvénients au point de vue des efforts dus à la force centrifuge et exige des matériaux de tout premier choix sans qu'on soit complètement à l'abri des accidents.

Turbine Zoelly.

La turbine Zoelly, construite par la maison Escher Wyss de Zurich, est une turbine à action à roues multiples, chaque roue tournant dans une chambre séparée formant milieu d'égale pression, en même temps qu'elle sert de distributeur pour la roue suivante.

La figure 46 donne la coupe longitudinale de cette turbine.

Mode d'action de la vapeur.

Certains types de la turbine Zoelly présentent cette particularité d'être formés par deux séries de roues sur lesquelles la vapeur n'agit pas de la même façon.

Sur la première série, elle agit par l'intermédiaire de quatre ajutages tangentiels répartis sur la périphérie de chacune des

roues, ajutages qui sont convergents-divergents et disposés dans le plan médian des roues, tandis que sur la seconde série la vapeur agit par écoulement axial

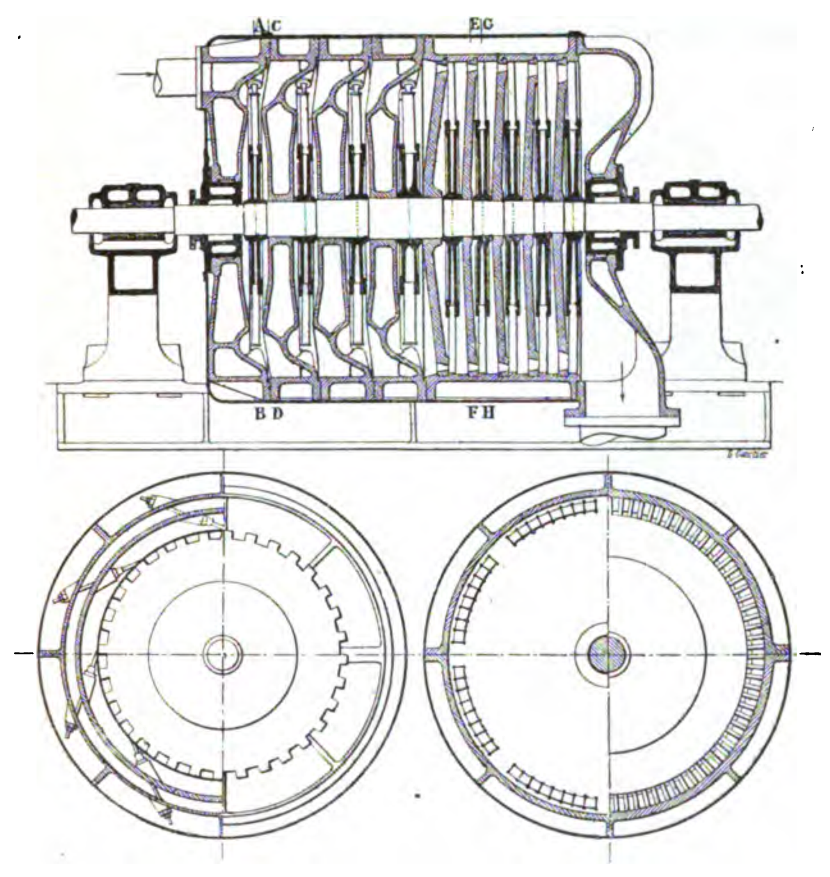


Fig. 46.

Dans certains types, au contraire, et ce sont les plus récents, les distributeurs de vapeur sont tous de forme cloisonnée.

AUBAGE.

La forme des aubes primitives est aussi très particulière; celles-ci sont composées, pour la série de roues à action tangentielle, de rayons emprisonnés dans deux tourteaux dont les bords sont munis d'encoches pour permettre l'écoulement de la vapeur par les deux faces de la roue *(fig. 47)*.

La largeur des aubes va croissant de roue en roue pour offrir à la vapeur détendue des sections de passage proportionnelles à son volume.

La forme des aubes de la seconde série est analogue à celle de la première, mais comme l'écoulement de la vapeur est axial,

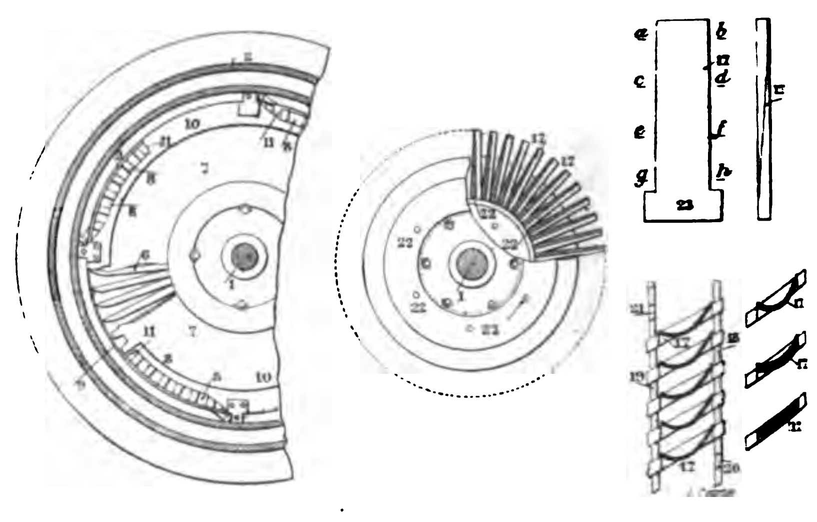


FIG 47. FIG. 48.

l'extrémité des aubes placées dans le courant de vapeur est courbe au lieu d'être plane *(fig. 48)*.

Les aubes de la première série de roues recevant la vapeur tangentiellement sont recouvertes d'un anneau fixe que traversent les ajutages distributeurs, de manière à réduire au minimum le tourbillonnement de la vapeur en ne laissant que les encoches latérales des tourteaux pour le dégagement du fluide.

Les aubes sont solidement retenues dans les tourteaux à l'aide de renflements existants à leur base et pénétrant dans une rainure pratiquée dans chacun des plateaux. La figure n° 49 représente une turbine Zoelly à deux séries de roues inégales.

Dans les derniers types, les aubes sont tout à fait analogues à celles de Parsons, leur emmanchement à queue d'aronde dans les jantes des roues est presque le même.

A la sortie de la dernière roue à écoulement axial, la vapeur se rend au condenseur.

La rapidité de rotation de cette turbine est encore assez considérable.

Une turbine de ce type développant 400 ch tourne, en effet, à

3000 tours et la vapeur y agit sur quatre roues tangentielles et sur quatre roues à écoulement axial.

La vitesse de rotation peut donc, dans certains cas, être une gêne très sérieuse.

Comme cette turbine est encore en essai, on ne sait que peu de chose sur sa consommation de vapeur.

Des essais exécutés par M. le professeur Stodola sur une tur-

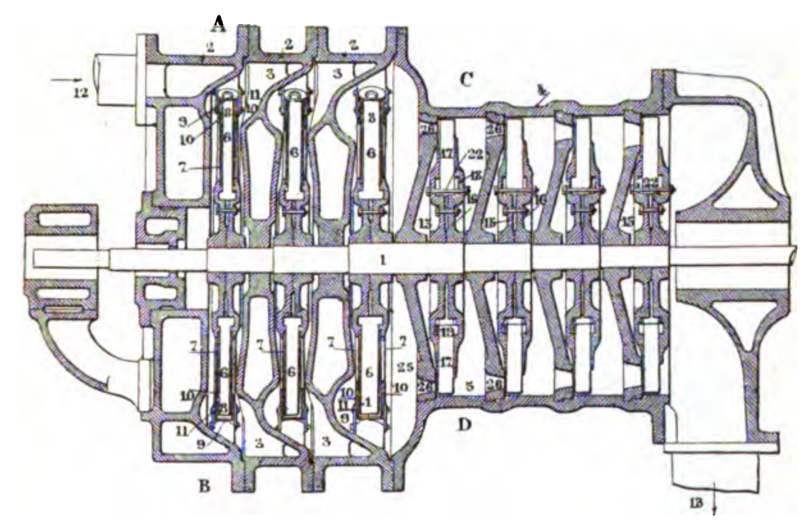


Fig. 49.

bine de 600 ch fonctionnant à 10,5 kg ont donné une consommation de vapeur saturée de 7 kg par cheval à la puissance de 535 ch ; avec la vapeur surchauffée à 240 degrés, la consommation a été de 6,2 kg à la puissance de 540 ch. Ces chiffres sont satisfaisants, mais demanderaient une confirmation industrielle.

Turbine Lindmark.

Pour cette turbine, il y a deux types dont les figures n° 50 et 51 donnent les dispositions.

Le premier est à roue simple, la vapeur y arrive par le centre de la roue et s'échappe à la périphérie en traversant des canaux divergents pour se rendre dans une chambre de détente munie ou non de directrices.

Le second type est une turbine à roues multiples qui présente cette particularité que la détente de la vapeur n'y est pas con-

tinue, mais qu'après chaque détente dans une roue, la pression du fluide est relevée par un dispositif basé sur la transformation de l'énergie cinétique en pression au moyen de variations appropriées des sections de passage.

La vapeur entre donc dans une roue avec une pression plus

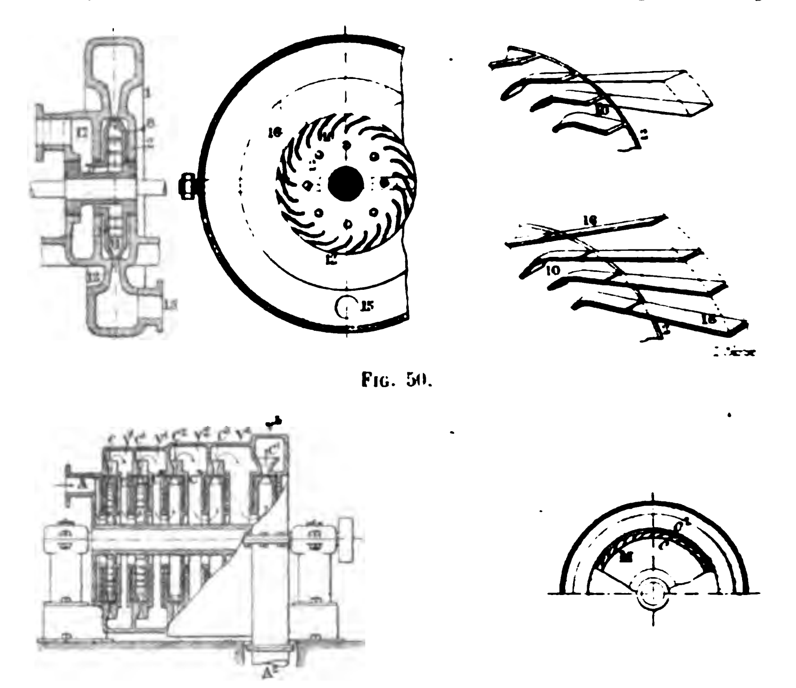


Fig. 50.

Fig. 51.

grande et une vitesse moindre qu'au sortir de la roue précédente.

L'écoulement de la vapeur y est radial et du centre à la circonférence.

La figure 51 donne la disposition de la turbine Lindmark à roues multiples.

Turbine Westinghouse.

La turbine Westinghouse est une turbine à réaction radiale centrifuge.

L'admission s'y fait au moyen d'ajutages non réglables répartis dans des pochettes à la périphérie intérieure de la première couronne d'aubes.

Elle est commandée par des soupapes qu'un mécanisme rappe-

lant la triple valve Westinghouse fait fonctionner automatiquement d'après un réglage donné.

Dans cette turbine, la variation des sections de passage de la vapeur ne se fait pas par des changements de longeur des aubes, mais par des variations de leur écartement, de sorte que le frottement de la vapeur sur les aubes tant fixes que mobiles est, paraît-il, sensiblement diminué.

Cette turbine n'a encore été exécutée qu'à un petit nombre d'exemplaires et on n'a aucune donnée sur sa consommation.

Actuellement la maison Westinghouse, qui construit en Amérique les turbines Parsons, a créé un type de turbine à roues multiples tout à fait analogue à la turbine Bréguet, mais à écoulement axial simultané vers les deux extrémités de la turbine.

Turbine Veichelt.

Cette turbine, dont la figure 52 donne la disposition, est une turbine à action dans laquelle la vapeur, pendant son par-

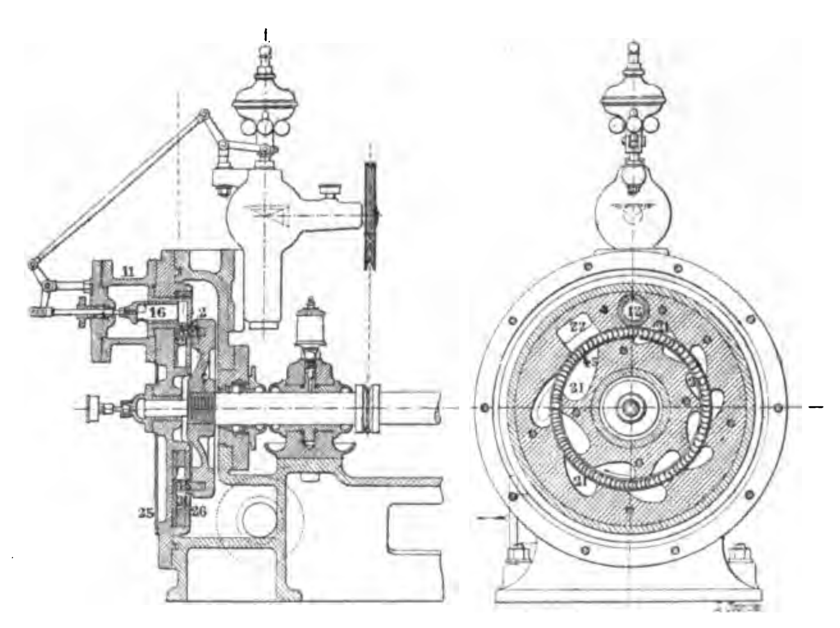


Fig. 52.

cours depuis l'admission jusqu'à l'échappement, passe successivement par les aubes de la roue mobile et par des chambres de détente servant de distributeur.

Le volume de ces chambres, ménagées dans l'enveloppe extérieure de la turbine, va en croissant proportionnellement au volume de la vapeur de plus en plus détendue, de manière que, lors de l'échappement, le fluide a une vitesse sensiblement égale à celle des aubes.

Aucune turbine de ce genre n'a, croyons-nous, été exécutée.

Turbine Schulz.

La turbine Schulz, dont la figure 53 donne la disposition, est une turbine à réaction radiale centrifuge.

L'admission se fait vers le centre de la roue, dans une boîte ménagée dans l'enveloppe fixe de la turbine, et la vapeur traverse successivement des couronnes d'aubes fixes ou mobiles, disposées, les unes sur l'enveloppe, les autres sur la roue mobile.

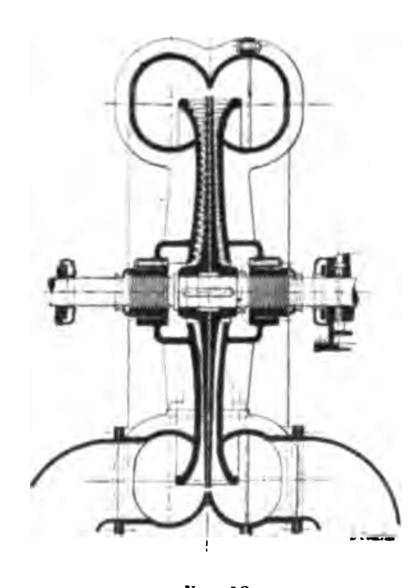


Fig. 53.

L'augmentation des sections de passage de la vapeur est obtenue par celle de la largeur des aubes, et l'échappement se fait dans deux conduits annulaires correspondant à chacune des faces de la roue mobile, conduits qui se rendent au condenseur.

Les paliers de la turbine sont extérieurs et les presses-étoupes sont du type à labyrinthe.

Nous bornerons là l'examen des turbines à vapeur, les types signalés étant à peu près les seuls ayant reçu la consécration pratique.

Il existe cependant un grand nombre de turbines d'autres types, mais elles sont tellement nombreuses qu'il est impossible de les décrire toutes.

L'application des turbines à vapeur comme moteurs est, comme il a été dit au commencement de ce travail, encore limitée à certains usages, mais leurs avantages sont si considérables et leur construction fait l'objet d'études si suivies, qu'il n'est pas

douteux que les inconvénients signalés ne soient rapidement écartés.

Le peu d'influence que semble avoir l'admission rythmée sur le rendement des turbines Parsons peut même faire entrevoir la possibilité de construire des turbines fonctionnant avec un autre fluide que la vapeur d'eau, des turbines à gaz, par exemple.

On admettrait dans les aubages les gaz produits par des explosions successives et répétées en dehors de la turbine proprement dite, comme on le fait actuellement par les bouffées de vapeur. Ce serait, en quelque sorte, une turbine à explosion. Mais c'est là un avenir peut-être lointain, car il ne faut pas oublier que rien n'est pratique qui n'est acquis à force de travail et qui n'a été sanctionné par le temps.

CHRONIQUE

N° 294.

Sommaire. — Le tunel de l'Hudson. — Grosses locomotives pour voie étroite. — Bac à vapeur du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. — Navigation à vapeur sur le Haut-Rhin. — Explosion dans les compresseurs d'air. — Paquebots transatlantiques. — Pont sur le détroit de Canso.

Le tunnel de l'Hudson. — Nous avons, dans la Chronique d'octobre 1903, page 435, rappelé les péripéties par lesquelles avait passé le grand ouvrage consistant à établir deux galeries parallèles sous l'Hudson pour créer une communication directe entre New-York et New-Jersey et les énormes difficultés rencontrées dans son exécution. Nous indiquions que le travail était désormais en bonne voie d'achèvement.

En effet, le 11 mars dernier la jonction a été opérée entre la tête du côté de New-Jersey et la galerie nord poussée depuis New-York et M. William G. Mc. Adoo, Président de la Compagnie du tunnel, a eu l'honneur de passer le premier d'une rive à l'autre sous le fleuve.

Nous n'avons pas besoin de revenir sur ce que nous disions en octobre dernier, nous nous bornerons à rappeler que la principale difficulté qu'on eut à vaincre consiste en ce que la galerie rencontra à peu de distance de son point de départ un banc de rocher disposé d'une manière particulièrement gênante.

Si le rocher eût occupé toute la hauteur de la galerie, la difficulte aurait été relativement faible, on aurait fait simplement sauter la roche en avant du bouclier, mais le banc était à la partie inférieure, de sorte qu'il aurait fallu faire avancer la partie inférieure du bouclier dans le rocher et la partie supérieure dans l'argile. On a dû établir en avant du bouclier un éperon-tablier s'étendant sur toute la largeur à peu près au milieu de la hauteur et se projetant en avant d'environ 1,80 m. Cet éperon permettait aux ouvriers d'excaver la roche sans avoir à craindre d'être submergés par la chute de l'argile de la partie supérieure ; mais, même avec cette protection, le travail ne s'accomplissait pas sans danger, car la hauteur de la roche variait dans des limites assez grandes, de 0,30 à 4 m. Heureusement il ne se produisit pas d'accident et on put pousser d'une manière continue la galerie vers la rive de New-Jersey.

A mesure de l'avancement du travail, on vérifiait avec le plus grand soin la direction de l'axe du tunnel et on manœuvrait le bouclier de manière à conserver rigoureusement cette direction pour rejoindre la tête en maçonnerie de briques établie de l'autre côté. Les mesures furent si bien prises que la rencontre eut lieu très exactement dans le sens horizontal, et avec seulement quelques centimètres d'erreur dans le sens vertical. La jonction fut provisoirement fermée avec des pièces de bois chassées dans l'argile autour du bouclier.

Un fait intéressant à signaler est que, lorsque le travail fut mis en

train par la Compagnie anglaise qui renonça à poursuivre son entreprise en 1891, on constata que le bouclier avait une tendance à tourner autour de son axe, tout en avançant. On chercha par toute sorte de moyens à empêcher cet effet, mais sans y réussir et, lors de la reprise des travaux, ce mouvement de rotation continua, si bien que, lors de la rencontre, les parties jadis verticales du bouclier se trouvaient presque horizontales. Ce singulier effet est probablement dû à une légère flexion des tôles de la face du diaphragme du bouclier, laquelle tend à faire tourner celui-ci d'un angle imperceptible chaque fois que les vérins hydrauliques le poussent en avant, et ces déplacements minuscules s'additionnent pour former, à la longue, un angle très appréciable.

La galerie qui vient d'être achevée a un diamètre intérieur de 5,53 m; elle est revêtue de segments en fonte munis de nervures et de brides se projetant à l'intérieur et servant à réunir les divers anneaux; l'épaisseur de la partie cylindrique est de 38 mm. Ces pièces ont été fondues aux aciéries de Bethléhem et dressées sur leurs faces d'assemblage pour qu'on fût certain de la précision du montage. Ce dressage a été opéré sur les anneaux complets et sur une machine spéciale dont la table portant les pièces tournait dans un plan horizontal.

Actuellement, il faut encore maintenir dans la galerie une pression d'air considérable pour empêcher l'eau d'y pénétrer par les joints qui n'ont pas été calfatés jusqu'ici. L'air comprimé pour les deux galeries est fourni par six compresseurs. Du côté de New-Jersey, il y a deux compresseurs à un seul cylindre et un compresseur Duplex. Les premiers ont des cylindres à vapeur de 0,556 m et des cylindres à air de 0,673 m de diamètre avec course commune de 0,610 m; le compresseur Duplex a des cylindres à vapeur et à air de 0,406 m de diamètre et 0,514 m de course. Du côté de New-York, il y a deux compresseurs semblables au dernier, chacun pouvant envoyer dans le tunnel 38 m³ d'air par minute. Il y a, en outre, un compresseur simple à haute pression, pouvant donner 43 m³ d'air par minute. Le cylindre à vapeur a 0,508 m et le cylindre à air 0,571 m de diamètre, et la course commune est de 0.610 m. Il y a aussi de chaque côté des pompes refoulant l'eau à la pression de 350 kg par centimètre carré pour actionner les vérins hydrauliques du bouclier. Ces pompes ont 51 mm de diamètre et 0,305 m de course et sont mues par des cylindres à vapeur de 0,406 m de diamètre.

Pour achever le tube nord, il reste encore à faire; il faut enlever le bouclier et raccorder l'enveloppe en fonte avec la muraille en briques de l'ancienne amorce de la galerie; on ne pourra enlever l'enveloppe du bouclier et on l'abandonnera à l'extérieur de la muraille en fonte.

La Compagnie anglaise qui avait poursuivi l'entreprise pendant quelque temps ne s'était pas donné la peine d'enlever les déblais au fur et à mesure de l'exécution et les avait laissés sur le sol de la partie terminée, de sorte qu'une partie du tunnel du côté de New-Jersey est plus qu'à moitié obstruée par ces matériaux qu'il faudra enlever avant de pouvoir procéder à la pose des voies.

La galerie sud, qui est parallèle à la galerie percée, est en cours d'exécution du côté de New-Jersey et le travail marche régulièrement. Il

reste encore à faire environ 1 200 m. On a installé un nouveau bouclier pour cette opération et, à la suite de l'expérience acquise dans le premier travail, on a muni ce bouclier d'un éperon-tablier qui peut être poussé en avant du bouclier pour permettre de faire sauter la roche en avant de ce dernier.

On est occupé à continuer la galerie nord au-dessous de la ville sous Morton Street et la Neuvième Avenue jusqu'à la Dixième Avenue où sera établie la station de New-York. On a l'intention de prolonger le tunnel jusqu'à la Sixième Avenue et de là jusqu'à Herald Square, avec station intermédiaire à Greenwich et aux Quatorzième, Dix-huitième, Vingt-troisième et Vingt-huitième rues.

Ces tunnels ne doivent servir qu'à la circulation de tramways électriques et non, comme on l'a cru généralement, au passage des gros trains de chemins de fer. En effet, les ingénieurs sont d'avis que l'argile dans laquelle sont établis les tubes n'est pas assez résistante pour permettre de faire passer de lourdes charges dans ceux-ci. L'argile, bien qu'elle possède un certain degré de compacité par suite de la pression de l'eau, conserve toujours cependant sa nature pâteuse et on craint qu'elle ne se tasse légèrement sous le passage de trains pesants remorqués par de grosses locomotives électriques ou à vapeur. Ce tassement, même très faible, amènerait d'énormes efforts de flexion sur les tubes en fonte et les conséquences en seraient très probablement d'une extrême gravité.

On emploie dans le puits d'accès du côté de New-York une écluse à vis et un élévateur combinés d'une manière ingénieuse. Le puits de l'élévateur est surmonté à sa partie supérieure par le sas à air et le plateau circulaire de cet élévateur, lorsqu'il est à son point culminant, ferme hermétiquement l'ouverture du puits et constitue la base de l'écluse. Celle-ci ne contenant plus, à ce moment, d'air sous pression, le plateau est fortement appliqué par la pression qui s'exerce sous lui et le joint est parfaitement étanche. Le câble qui manœuvre l'élévateur traverse naturellement le sas et, pour prévenir toute fuite d'air, il passe dans un presse-étoupes de forme allongée ; le mouvement de ce câble est assez lent pour que la garniture ne s'use pas sensiblement par le frottement du câble. Ces renseignements sont extraits du Supplément du *Scientific American*.

Grosses locomotives pour voie étroite. — Les plus grosses locomotives qui aient été faites jusqu'ici pour une voie étroite sont très probablement des machines construites tout récemment en Angleterre pour l'Afrique du Sud. On sait qu'un certain nombre de lignes, telles que les chemins de fer de la colonie de la Rivière Orange, ceux du Transvaal, de Pretoria à Pietersburg, etc., ont été réunis pour former un réseau portant le nom de Central South African Railway. L'écartement des rails est de 3 1/2 pieds anglais, soit 1,067 m.

Les conditions d'exploitation sont assez difficiles, car on rencontre de nombreuses et assez fortes déclivités sur de grandes longueurs ; ainsi on trouve des rampes de 12,5 0/00 entre la Rivière Orange et le plateau central, et la descente sur Vereeniging se fait avec des pentes de 10 0/00.

Plus loin, dans la direction de Johannesburg, les déclivités sont en moyenne de nouveau de 12,5, mais quelques parties, notamment la descente dans la vallée du Crocodile, atteignent 16,6 0/00. Il a donc fallu, dans ces conditions et en prévision d'un trafic considérable de marchandises, commander des machines d'un type très puissant.

La Vulcan Foundry, de Newton-le-Willows, Lancashire, a construit pour les chemins de fer dont nous nous occupons, deux modèles de locomotives très différents en apparence, mais dont la plupart des éléments sont les mêmes. Le premier de ces deux modèles est à six essieux dont trois accouplés au milieu encadrés par un bogie à deux essieux à l'avant et un essieu porteur à l'arrière, disposition qui est représentée par les lettres suivantes $\overline{\text{P}}\text{CMC}\overline{\text{PP}}$. Il est accompagné d'un tender porté sur deux bogies à deux essieux; l'autre modèle porte ses approvisionnements, savoir l'eau dans des caisses latérales à la chaudière et le charbon dans des soutes disposées à l'arrière de la plate-forme. Il a sept essieux dont trois accouplés au milieu et deux bogies à deux essieux l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, disposition figurée par les lettres $\overline{\text{PP}}\text{CMC}\overline{\text{PP}}$.

La chaudière, les cylindres, les mécanismes, les roues de support sont les mêmes dans les deux modèles ; les roues motrices diffèrent légèrement de diamètre. Une particularité à signaler est que les longerons sont formés de barres selon la pratique américaine, la chaudière est en acier, le foyer repose sur les longerons pour permettre de donner plus de largeur au foyer, ce qui est à considérer avec un écartement réduit des rails.

Les machines sont munies de freins à vapeur, de cow-catchers à l'avant, et quelques-unes d'un fanal électrique recevant le courant d'une dynamo actionnée par une turbine Laval accolée à la lanterne. Nous donnons, dans le tableau ci-joint, les dimensions principales de ces deux types de locomotives.

Nous appellerons l'attention sur la hauteur considérable de l'axe de la chaudière au-dessus du rail, dans le modèle sans tender séparé, qui est de 2,21 m. Cette hauteur, pour la voie de 1,067 m, correspondrait, pour la voie normale, à 2,973 m. Or, ce chiffre est presque égal à celui de 2,997 m, le plus élevé que nous connaissions, et qui se rencontre sur les locomotives compound tandem decapod, de l'Atchison, Topeka and Santa Fé R. R., lesquelles sont, pour le moment, les plus grosses locomotives du monde (1).

On remarquera également la faible proportion du poids adhérent au poids total qui, de 64 0/0 pour la machine à tender séparé, s'abaisse à 49 0/0 pour la machine-tender, condition peu favorable pour des machines destinées à un service sur un profil accidenté. On peut trouver enfin, que les cylindres sont bien grands, car l'effort de traction, calculé à 65 0/0 de l'effort théorique, correspondrait, pour la machine à tender séparé, à 1/4,5 du poids adhérent, et, pour la machine-tender, à 1/4,

(1) Ce n'est plus exact depuis l'achèvement récent de la machine compound articulée, système Mallet, du Baltimore Ohio R.R., qui est de beaucoup la plus grosse du monde, pesant, sans son tender, 151 500 kg; l'axe de la chaudière est, dans cette machine, à 3,05 m au-dessus du rail.

avec la machine pleine, et un chiffre encore plus défavorable avec les approvisionnements réduits ou épuisés. Les constructeurs ont compté probablement sur des conditions singulièrement avantageuses pour l'adhérence, et qui se rencontrent peut-être fréquemment sur les lignes sud-africaines.

		MACHINE à TENDER SÉPARÉ	MACHINE-TENDER
Surface de grille	m²	2,02	2,02
Surface de chauffe — de foyer	m²	12,20	12,20
Surface de chauffe — tubulaire	m²	125,50	125.50
Surface de chauffe — totale	m²	137,70	137,70
Pression à la chaudière	kg	14,2	14,2
Diamètre et course des pistons	m	458 × 661	458 × 661
Diamètre des roues motrices et accouplées	m	1,450	1,372
Diamètre des roues de support	m	0,762	0,762
Écartement des essieux accouplés	m	3,350	3,350
Écartement total	m	8,45	10,40
Hauteur de l'axe de la chaudière au-dessus du rail	m	2,21	2,15
Longueur totale de la machine	m	—	12,65
Poids de la machine en service	kg	61 500	80 200
Poids adhérent	kg	39 600	39 600
Eau dans les caisses	kg	18 000	8 000
Charbon dans les soutes	kg	10 000	3 000
Poids du tender plein	kg	49 700	—
Poids total du moteur	kg	111 200	80 200
Effort de traction $0,65 \frac{pd^2l}{D}$	kg	8 810	10 100

Les chemins de fer dont nous nous occupons ont un trafic considérable en transport de houille. Aussi ont-ils fait construire, en Angleterre, un nombre considérable de wagons dé grandes dimensions, pour ce genre de transport; on cite 300 wagons de 27 000 kg; 1 200 de 32 000 et 250 de 40 000 kg.

Tous ces wagons sont montés sur bogies et construits en acier embouti, du système des Forges de Leeds. Les wagons de 40 t ont 11,97 m de longueur hors tampons, 11,13 m de longueur et 2,28 m de largeur à l'intérieur de la caisse, et 2,97 m de hauteur au-dessus du rail. Les axes des bogies sont distants de 7,77 m. Ces wagons pèsent, à vide, 16 500 kg, de sorte que la charge utile atteint la proportion des soixante-dix centièmes du poids total. Ils sont munis de portes latérales, qui se ferment d'une manière automatique, et qui s'ouvrent pour le déchargement au moyen d'un mécanisme manœuvrable de l'extérieur.

Bacs à vapeur du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. — Le Gouvernement hollandais fait exécuter, en ce moment, des travaux considérables pour l'amélioration du canal faisant communiquer directement la ville d'Amsterdam avec la mer du Nord. Ces travaux ont pour objet de permettre le passage, dans le canal, des plus grands navires qui peuvent franchir la nouvelle écluse d'Ymuiden, établie en remplacement de l'ancienne, et dont les dimensions sont : longueur utile, 225 m; largeur, 25 m et profondeur, 9,65 m sous la flottaison. Ils comprennent la transformation des ponts, dont l'ouverture est rendue notablement plus grande que celle de l'écluse, et l'approfondissement du canal jusqu'au-dessous des buscs de l'écluse.

On a été amené à supprimer le pont-route de Velsen. et à le remplacer par un passage d'eau effectué par des bacs à vapeur. Cet ouvrage offrait, en effet, de sérieux inconvénients; d'un côté, il touchait à une courbe du canal et, de l'autre, il n'était distant que de 840 m du pont du chemin de fer de Haarlem à Uitgeest; de nombreux abordages avaient été la conséquence de cet état de choses.

Le système à adopter pour les bacs à vapeur appelés à desservir le passage d'eau de Velsen, a fait l'objet, de la part du Waterstaat, d'une longue série d'études et d'essais. A la suite d'un voyage de mission en Danemark, entrepris à ce propos par les Ingénieurs du Croix, Rooseboom et Stoel, le Département du Waterstaat dressa un programme d'un bac à vapeur analogue à ceux que ces Ingénieurs avaient vu en service.

La construction de deux bacs de ce type fut adjugée à la Société La Meuse, de Rotterdam, bien que l'offre de cette Société ne fût pas la plus basse, parce qu'elle garantissait la moindre dépense de combustible.

Ces bacs ont une longueur de 37 m, une largeur de 9 m sur le pont, et de 15 m hors tambours. Le creux est de 4,15 m, et le tirant d'eau de 2,10 m. Les bateaux sont absolument symétriques, tant en ce qui concerne les extrémités que le gouvernail. Les proues présentent une dépression dans laquelle vient se loger l'extrémité de l'embarcadère, de manière à faciliter le passage de terre à bord et réciproquement, des piétons, des voitures et du tramway à vapeur, que le bateau doit porter. Ces proues sont assez solidement construites pour résister au choc des glaçons.

Dans l'installation primitive, les bateaux avaient, comme organe propulseur, des roues à aubes, de 2,50 m de diamètre, commandées par deux machines compound de 200 ch chacune, avec cylindres de 450 et 900 mm de diamètre, et 900 mm de course. La vapeur était fournie par deux chaudières tubulaires de 72 m² de surface de chauffe chacune, timbrées à 8 atm. Chaque chaudière pouvait desservir chacune des deux machines.

Aux essais, chacune des deux machines a développé, à la vitesse de 52 tours, la puissance demandée de 200 ch, avec une dépense de vapeur de 9,5 kg par cheval. Elles donnaient au bateau une vitesse de 3,30 m par seconde, soit environ 6,5 nœuds.

Les deux bacs à vapeur ainsi agencés n'ont pas donné les résultats désirés. A la suite des essais de mise en service auxquels on a procédé,

l'un d'eux a été remis à la Société néerlandaise de Machines et Matériel de Chemins de fer, à Amsterdam, pour être transformé en bateau-toueur et subir les modifications nécessaires pour que l'on puisse desservir. quelque soit le temps, un important service de passagers, voitures et tramways. Cette condition doit, en effet, être strictement remplie avant que l'on procède à la démolition du pont-route existant,

D'après les nouvelles dispositions, les roues à aubes ont été enlevées et remplacées par des tambours, sur lesquels passent deux chaines en fer de 50 mm, lesquelles sont amarrées aux deux rives par des ancres à vis, et sont guidées par des poulies. que porte le bateau.

A l'emplacement du passage d'eau, le canal est creusé plus profondément, de façon que les chaines reposent au-dessous du profil normal. Le trajet à parcourir par les bacs est de 150 m seulement. Sur une aussi faible longueur, un bateau à roues ne pouvait prendre sa vitesse. Il en aurait été de même d'un bateau à hélice en cas de houle transversale. C'est ce qui a conduit à adopter la propulsion par touage sur chaine noyée. Les chaines doivent être très lourdes afin d'offrir la prise voulue au guidage, tout en étant suspendues d'une manière très lâche, ce qui est nécessaire pour la navigation.

Les essais ont permis de reconnaitre que la rapidité des manœuvres d'abordage et de départ était beaucoup plus importante à réaliser que la vitesse du bateau dans les traversées.

Les lourdes chaines de touage permettent d'atteindre ce but, car elles rendent superflu l'amarrage du bateau, même en cas de mauvais temps. quand le passage d'eau ne sert qu'aux piétons et aux voitures. Mais. lorsque le bac doit embarquer ou débarquer un train de tramways. il est nécessaire, à moins que le temps ne soit très calme, de le diriger. On a installé, à cette fin, un dispositif spécial au milieu du pont, sur un des côtés de celui-ci. Ce dispositif consiste dans un axe de 7 m de longueur, muni d'un filet de vis, et mis en mouvement par un treuil à vapeur. Le long de cet axe, se déplace un crochet que peut venir prendre le bourrelet d'un rail fixé sur une palée en charpente. Ce dispositif permet de mettre le bateau en place en deux minutes, même par un mauvais temps.

La tête du pont, d'autre part, est fixée en s'aidant d'une autre disposition. Près de la buttée qui doit recevoir l'extrémité de l'embarcadère, le bateau porte un axe, qu'une petite machine à vapeur met en mouvement au moyen d'un embrayage. Cet axe porte des filets de vis opposés. lesquels donnent à des écrous un mouvement de translation qui les écarte ou les rapproche. Ce mouvement se communique, par l'intermédiaire de ressorts, à deux chaines munies de crochets à leur extrémité. Ces crochets peuvent prendre le bord de rails fixés sur des palées. Par ce moyen, on peut amener le bateau dans la position voulue pour obtenir une parfaite correspondance entre les rails du bateau et ceux du tramway. Cette installation a, en même temps, pour effet, d'empêcher le bateau de plonger au moment où la locomotive, assez lourde, du tramway, arrive sur le pont.

Ces installations d'amarrage et de démarrage ont fait l'objet d'un premier essai en août et septembre 1903. Un bac à vapeur, muni des

appareils en question à l'une de ces extrémités, a donné, à ce point de vue, toute satisfaction. On a pu embarquer et débarquer deux chariots et un train de tramway à vapeur pesant 45 t en cinq ou six minutes, y compris les manœuvres de démarrage et d'amarrage.

Le bateau dont il s'agit va être muni de la même installation à l'autre extrémité. On le pourvoira, en outre, de nouveaux brise-glaces. Le bateau ainsi complété devait être prêt en décembre 1903 et soumis à de nouveaux essais durant l'hiver, notamment au point de vue de la manière dont il se comporterait dans les glaces.

Si ces essais étaient concluants, on devait procéder à la transformation de l'autre bac et à la mise en service du passage d'eau.

Nous reproduisons ces renseignements d'un résumé d'un article du journal *De Ingenieur* donné par les *Annales des Travaux publics de Belgique.*

Navigation à vapeur sur le haut Rhin. — Nous avons donné, sous ce titre, dans la chronique de septembre 1903, page 289, le récit d'un essai de navigation sur le haut Rhin, entre Strasbourg et Bâle.

La note ci-dessous, que nous trouvons dans les journaux suisses, peut être considérée comme la suite de la précédente.

L'an dernier, du 20 ou 26 août, M. Gelpke, l'infatigable promoteur de la navigation fluviale par le Rhin jusqu'à Bâle, réussissait une traversée d'essai de Strasbourg à Bâle et la presse suisse unanime salua ce résultat. Nombreux cependant étaient les sceptiques : « Autre chose, disaient-ils, est de remonter le Rhin avec un bon vapeur à vide ou de le remonter en remorquant un chaland pesamment chargé. » Il restait à prouver que la voie fluviale du Rhin jusqu'à Bâle est praticable même à l'exploitation commerciale, et c'est ce qui vient d'être fait.

Le 2 juin, à 7 heures du soir, le chaland *Christine*, venant de Ruhrort avec un chargement de 300 t de houille, est arrivé à l'usine à gaz de Bâle, remorqué par le *Joh. Knipscheer IX*, après un parcours de 614 km effectués en neuf jours. La dernière étape, Strasbourg-Bâle, a pris à elle seule trois jours — l'an dernier, le *Justizia* n'avait mis que sept heures — faisant péniblement un peu plus de 3 km à l'heure. L'essentiel toutefois est d'être arrivé; la hauteur de l'eau et la violence du courant ont atteint actuellement leur point maximum, de sorte que la démonstration de la possibilité d'une exploitation industrielle du Rhin jusqu'à Bâle comme voie de transport est concluante.

L'entreprenant industriel qui a provoqué l'expédition est M. E. Ziegler, de Bâle. Tant que les basses eaux n'auront pas rendu la voie fluviale impraticable, M. Ziegler compte renouveler périodiquement l'expérience. Il ne peut espérer couvrir les frais de la montée, il est vrai, mais il espère se rattraper à la descente. En effet, sitôt déchargée et nettoyée, la *Christine* recevra, du 7 au 14 juin, les marchandises à destination des villes du Rhin et des ports de la mer du Nord. Nombreux seront les industriels et commerçants qui voudront profiter d'un moyen de transport à la fois bon marché, sûr et rapide.

Le remorqueur *Joh. Knipscheer IX*, qui vient d'accomplir ce tour de

force, est un vapeur à deux hélices de 350 ch. Il appartient à la « Société anonyme pour la navigation fluviale » de Ruhrort, ancienne Société Joh. Knipscheer. C'est toujours M. Joh. Knipscheer qui dirige la nouvelle société et il a tenu à faire la dernière partie du trajet à bord de son bateau, avec M. Gelpke et quelques notabilités.

Le port de Strasbourg a été quitté mardi matin 31 mai à 5 heures et demie. Remorqueur et chaland débouchaient bientôt du canal dans le fleuve et se mettaient bravement à lutter contre un courant de plus en plus rapide. Le premier jour, 36 km furent parcourus sans autre difficulté que le passage des ponts de bateaux, d'Ottenheim et de Rheinau qui firent perdre environ quatre heures. Le soir, à 8 heures et demie l'ancre était jetée, pendant une violente tempête, au-dessous du port de Schoenau. La journée de mercredi donna un résultat plus satisfaisant : 58 km. Au Vieux-Brisach, on fit une courte halte pour prendre à bord M. Joh. Knipscheer, puis on se remit en route vers le sud. Le soir, vers 8 heures, l'ancre est jetée à 3 km environ des ponts de Neuenburg.

Jeudi 2 juin, entre 7 et 8 heures du matin, fut le moment critique du voyage : le passage des rapides à la hauteur du pont du chemin de fer de Mulhouse à Mulheim. Sur une distance d'environ 90 m, la rapidité du courant n'était pas inférieure à 5 m par seconde et, pendant assez longtemps, il sembla que le convoi devait renoncer à aller plus loin. On finit cependant par passer et, sitôt le dernier obstacle franchi, la traversée ne fut plus qu'une agréable promenade. Vers 4 heures, l'Isteinerklotz est passé, on commence à voir briller les toits de Bâle. A 6 heures, le pont d'Huningue est franchi et quelques minutes avant 7 heures le bateau stoppait à la hauteur de l'usine à gaz.

Il est difficile d'évaluer dès à présent les conséquences de cette expérience; mais tout porte à croire qu'elles peuvent être grandement utiles pour le commerce et l'industrie de la ville de Bâle.

Nous disions dans notre premier article de septembre 1903 qu'il y avait soixante ans qu'on n'avait vu de bateau à vapeur arriver à Bâle. En effet, vers 1840, plusieurs Compagnies de navigation faisaient le service du haut Rhin. On peut citer parmi elles la Société des *Aigles du haut Rhin*, qui faisait un service de voyageurs et de marchandises entre Mayence et Bâle; son matériel, très remarquable pour l'époque, se composait de bateaux à roues en fer construits par Cavé, à Paris. L'ouverture du chemin de fer de Strasbourg à Bâle ruina ces entreprises en leur enlevant à peu près complètement, surtout à la remonte, le transport des voyageurs. Les *Aigles* furent envoyés sur la Seine, où ils furent longtemps employés comme remorqueurs. Il est juste d'ajouter qu'à l'époque dont nous parlons la navigation était rendue beaucoup plus facile par l'absence de tout pont fixe entre Kehl et Bâle, tandis qu'aujourd'hui il n'existe dans cette même partie du fleuve pas moins de six de ces ouvrages, ce qui amène pour la navigation les difficultés dont on peut juger par ce qui précède et aussi par ce qui suit. En effet, les journaux suisses du 14 juin nous font connaître, pendant l'impression de cette note, l'épilogue de l'expédition qui en fait l'objet. Le remorqueur *Joh. Knipscheer IX* vient de quitter Bâle pour faire la descente du Rhin;

le chaland *Christine*, qui emportait une cargaison prise à Bâle, a rompu sa remorque et a coulé juste devant le pont de bateaux de Huningue. L'équipage a été sauvé par les marins du Petit Huningue.

Explosions dans les compresseurs d'air. — Nous avons parlé dans la Chronique d'avril, page 591, de la question des explosions produites dans les conduites d'air comprimé des mines. Il nous paraît intéressant de donner ici le résumé d'un mémoire présenté à l'Association des Ingénieurs Mécaniciens du Witwatersrand par M. E. Goffe, sur le sujet à peu près identique des explosions dans les compresseurs d'air.

L'auteur fait d'abord observer que la question a été récemment discutée devant l'Institut des Ingénieurs des Mines du Sud du Pays de Galles et a fait le sujet de recherches en Allemagne à la suite de deux explosions survenues à Dortmund. Les rapports semblaient indiquer que, si on tient compte de causes accessoires mais ayant toutefois joué un rôle, telles que la présence de dépôts graisseux et de l'emploi de mauvais lubrifiants, la cause de ces explosions est réellement due à l'élévation excessive de la température de l'air comprimé, la compression se faisant directement; on en conclut naturellement que le meilleur moyen de prévenir de tels accidents était d'employer la compression compound ou étagée. La note contenant cette conclusion parvint à la connaissance de l'auteur au moment où son attention était attirée sur plusieurs (cinq, autant qu'il peut savoir) cas d'explosions dans les mines d'or du Witwatersrand, survenus tous à des compresseurs à deux étages de construction très soignée. Il lui parut donc qu'une étude plus approfondue de la question s'imposait.

Indiquons sommairement les conditions dans lesquelles se sont produits les accidents dont il s'agit : dans un cas, il y avait deux cylindres compresseurs à côté l'un de l'autre formant deux groupes chacun disposé en tandem; les cylindres à air avaient 0,33 et 0,66 m de diamètre et les cylindres à vapeur 0,61 et 0,96 m de diamètre avec course commune de 1,22 m, l'arbre faisant 25 tours par minute. Il y avait un autre compresseur comprenant deux cylindres à vapeur de 0,508 et 0,863 m de diamètre et deux cylindres à air de 0,508 et 0,838 m de diamètre et 1,22 m de course commune; le nombre de tours normal était de 68 par minute. Les cylindres compresseurs avaient des enveloppes à eau et un réfrigérant intermédiaire, l'air arrivait dans un réservoir commun aux deux appareils.

Le mardi 26 septembre 1903, à 5 heures et demie après-midi, alors que les deux compresseurs étaient en pleine marche, le mécanicien vit une flamme jaillir du tuyau de refoulement d'air du compresseur à grande vitesse, flamme suivie d'une épaisse fumée.

On arrêta les deux machines et, en les examinant, on constata que le tuyau en forme de T partant des cylindres compresseurs était fendu sur le pourtour, c'est-à-dire brisé ou peu s'en fallait. Les joints avaient leur garniture refoulée au dehors et les signes de combustion étaient évidents. On trouva dans les boîtes à clapets des dépôts abondants qu'on enleva; l'échappement des perforatrices n'avait point montré de fumée.

On constata, en mettant les machines en route, après les réparations. que la soupape placée sur la conduite principale descendant dans le puits était obstruée par des dépôts semblables à ceux des boites a clapets.

On n'a aucune donnée sur les températures de l'air au moment de l'accident, mais. après la reprise de travail, on trouva qu'avec une pression de 5,30 kg la température à la sortie du compresseur a haute pression atteignait 162 degrés centigrades; il faut dire que l'eau dont on disposait pour le refroidissement avait une température initiale de 48 degrés. Au moment de l'explosion, on se servait comme lubrifiant d'un mélange d'une partie de valvoline et de neuf parties d'eau de savon, ce qui donnait toute satisfaction si on en jugeait par l'état des cylindres et des clapets. Le manomètre enregistreur n'a pas indiqué d'excès de pression à ce moment. La prise d'air était, comme d'usage, garnie d'une toile métallique grossière pour prévenir l'introduction des corps étrangers.

Dans un autre cas, il y avait trois compresseurs indépendants travaillant ensemble et déchargeant dans une conduite commune aboutissant à un réservoir d'où partait la conduite d'air descendant dans le puits. Ces compresseurs étaient : un compresseur vertical King Riedler dont les cylindres à vapeur avaient 0,483 et 0,772 m de diamètre et les cylindres à air 0,508 et 0,813 m de diamètre, avec une course commune de 1 067 m faisant 80 tours par minute; un compresseur triple à deux étages Vulcan ayant des cylindres à vapeur de 0,368 — 0,600 et 0,900 m de diamètre et des cylindres à air de 0,458 — 0,584 et 0,584 m de diamètre, avec une course commune de 0,900 m ; un compresseur horizontal avec manivelles à 90 degrés Ingersoll-Sergeant, avec cylindres à vapeur de 0,458 et et 0.863 m de diamètre et cylindres à air de 0,462 et 0,762 m; ces derniers ont des enveloppes à circulation d'eau. Il y a sur le tuyautage commun deux soupapes de sûreté, une près du compresseur King-Riedler et l'autre près du compresseur Vulcan; il y a aussi une soupape sur le réservoir d'air commun aux trois compresseurs.

Le 24 novembre, à 1 heure du matin, les trois compresseurs étant en pleine marche et donnant une pression d'air de 4,8 kg par centimètre carré, le mécanicien, qui était près du compresseur King-Riedler, vit des flammes sortir des deux soupapes de sûreté du conduit d'air et monter jusqu'au toit de la chambre des machines; elles furent suivies d'une épaisse fumée qui remplit le local. Une flamme semblable sortait par la soupape de sûreté du réservoir d'air. Le mécanicien ralentit immédiatement la marche et il ne se produisit plus rien. L'enregistreur de pression fait voir à ce moment une subite et momentanée élévation de pression allant à 8,5 kg. Le seul dommage fut la combustion de la peinture et de la graisse à l'extérieur du tuyau de refoulement entre le compresseur King-Riedler et le raccord avec le Vulcan et à l'extérieur du réservoir. Les garnitures des tiges de soupapes des cylindres à air du King-Riedler furent brûlées et on trouva des résidus calcinés dans les boites à clapets. La fumée se transmet jusqu'aux machines à l'intérieur de la mine, mais on ne trouve pas de traces de la pénétration de la flamme dans les cylindres à air des compresseurs Vulcan et Ingersoll.

L'huile employée au graissage était de bonne qualité avec un point d'inflammation de 250° C. La quantité employée pour les trois compresseurs, pour les cylindres à air seulement, pouvait être de 4,5 l par vingt-quatre heures. Le graissage du compresseur King-Riedler se faisait par une pompe à huile branchant des tuyaux sur chaque tige de soupape; on n'employait ni savon solide, ni eau de savon. On démontait les soupapes régulièrement tous les quinze jours et on les examinait.

On ne connaît pas les températures de l'air au moment de l'explosion, mais, d'observations faites fréquemment par l'auteur pendant plusieurs semaines après l'accident, on peut fixer le maximum à 142° C. au cylindre à haute pression et à 130 degrés dans le cylindre à basse pression, ces températures étant prises près des soupapes de refoulement. L'air sortant du premier cylindre de compression était refroidi dans son passage par le rafraîchisseur intermédiaire à une température d'environ 30° C. Les enveloppes des cylindres étaient volumineuses et toujours maintenues froides. La différence de température de l'eau à son entrée et à sa sortie était à peine sensible au toucher. Seul le compresseur King-Riedler prenait l'air dans la chambre des machines dont la température est relativement élevée variant de 32 à 39° C.

L'auteur a connaissance de trois autres explosions survenues dans la même année 1903 dans d'autres mines. Les circonstances étaient à peu près les mêmes et tous les compresseurs étaient à deux étages. Il a pu faire l'essai de l'huile employée dans un des cas et a trouvé que son point d'inflammation à l'air libre était de 290° C.

Étant donné ce qui précède, il semble évident que deux facteurs jouent un rôle dans une explosion ou une production de flammes : d'abord un mélange explosif et ensuite une température assez élevée pour produire l'inflammation du mélange. Dans le premier cas, l'huile est généralement présumée être le coupable; cela peut se justifier avec les lubrifiants employés ordinairement, mais cependant il faut tenir compte des conditions de marche du compresseur.

L'auteur a eu sous les yeux un compresseur pour lequel on employait de la bonne huile ordinaire, à raison de deux gouttes par minute par cylindre, et lequel n'a jamais donné lieu à aucune difficulté; les clapets restaient toujours propres et ne se collaient jamais. Mais ce compresseur était à marche lente, pas plus de 40 tours par minute, marchant dix heures par jour, avec un ample refroidissement par l'eau ; il refoulait l'air dans le réservoir à une température de 105° C. environ, la pression étant de 5 kg par centimètre carré. On n'a pas relevé la température aux clapets de refoulement, mais l'inspection de ces pièces a toujours montré qu'il n'y avait aucune trace de décomposition de l'huile à cet endroit.

Dans le cas mentionné plus haut d'un compresseur employant de l'huile ne s'enflammant qu'à une température de 260° C. et dans lequel la température de l'air ne s'élevait qu'à 144° C., il semble qu'il y ait entre ces deux températures une marge de sécurité suffisante, à moins que la décomposition de l'huile ne se fasse plus facilement en présence de l'air sous pression, ce qui n'est point démontré jusqu'ici, mais serait facilement vérifié par une expérience de laboratoire. Il est d'ail-

leurs toujours possible qu'un mécanicien peu consciencieux emploie une huile plus inflammable ou introduise de la paraffine dans les cylindres à air; on peut toutefois se garantir contre ces imprudences en ne laissant aux mains du personnel que la seule huile convenable. Il est bon de signaler que, dans certains cas, une très faible proportion d'une autre huile peut s'introduire dans le cylindre à air par la tige; en effet, beaucoup de compresseurs sont disposés en tandem avec tige commune au cylindre à air et au cylindre à vapeur et s'introduisant alternativement dans chacun d'eux pour une partie de sa longueur.

Dans leur arrangement ordinaire, les compresseurs d'air constituent des récipients à poussière, avec leurs prises d'air non protégées et souvent vis-à-vis de portes ouvertes donnant passage à de l'air chargé de poussières et quelquefois de poussières de charbon à cause du voisinage des chaudières et des magasins de combustible. Les toiles métalliques grossières qu'on met aux prises d'air n'empêchent que l'entrée de corps étrangers plus gros que l'ouverture des mailles. Cette poussière s'accumule dans les boites à clapets, les passages, les tuyaux, les refroidisseurs, réservoirs, etc., et forme avec l'huile une pâte qui adhère aux surfaces métalliques et forme des masses plus ou moins considérables.

On peut citer un cas où ces dépôts s'étaient accumulés autour du clapet dans le tuyau de refoulement empêchant la pression de monter derrière et donnant une différence de 1,5 kg avec la pression au compresseur; il fallut qu'une explosion se produisit pour qu'on démontât la conduite et qu'on reconnut la cause de la différence de pression observée. Il est possible que même une huile à point d'inflammation élevé, mélangée avec des poussières de charbon et des matières étrangères, notamment des particules métalliques, exposée à des températures considérablement inférieures au point d'inflammation normal, maintenue dans l'air comprimé pendant des mois et même des années, arrive à se décomposer et à donner lieu à la formation de gaz explosifs. Dans ce ce cas, certaines circonstances accidentelles telles qu'une température relativement élevée de l'air aspiré, l'arrêt de la circulation d'eau, etc. peuvent provoquer une explosion.

Si nous revenons maintenant au second facteur constitutif d'un phénomène de ce genre, c'est-à-dire une élévation suffisante de température, on rappellera que certaines circonstances, telles que des fuites par les pistons et les clapets, peuvent amener la production de températures supérieures à ce qu'on peut prévoir dans la marche normale et, surtout avec des compresseurs à un seul étage, atteignent la température d'inflammation de certaines huiles.

Avec les compresseurs à deux étages il y a beaucoup moins de danger, mais on peut encore atteindre des pressions très supérieures à la pression normale. L'effet des fuites est le même sur la température que celui d'une température élevée à l'aspiration et d'un refroidissement intermédiaire insuffisant et, si on connait la température initiale, il est très facile de calculer par les moyens connus la température finale.

Les conclusions auxquelles l'auteur se trouve conduit, quant aux causes des explosions dans les compresseurs d'air, par l'étude des conditions dans lesquelles se sont produites les explosions venues à sa con-

naissance, sont que la principale cause doit être attribuée à la présence de dépôts accumulés dans l'intérieur des boites à soupapes, tuyaux et réservoirs. Ces dépôts sont dus au mélange de poussière et d'huile et, en se décomposant, donnent lieu à la production de gaz explosifs lesquels prennent feu en présence de conditions favorables et probablement par l'incandescence de quelques parties plus combustibles des dépôts.

Le résumé qui précède est reproduit de l'*Iron and Coal Trades Review*.

Paquebots transatlantiques. — En décrivant dans la chronique de décembre 1902, page 835, le paquebot du Norddeutscher Lloyd *Kaiser Wilhelm II*, alors en construction, nous indiquions dans le tableau annexé à cet article la vitesse maxima de 24 nœuds pour ce paquebot. Il vient, en effet, d'atteindre et même de dépasser cette vitesse dans une traversée récente où il a battu, non pas les records des traversées les plus courtes, mais ceux des plus grands parcours par vingt-quatre heures, autrement dit des plus grandes vitesses.

Voici ce que nous trouvons à ce sujet daus les journaux anglais: Le *Kaiser Wilhelm II* a atteint, dans sa dernière traversée d'Amérique en Europe, la vitesse moyenne de 23,58 nœuds. Il est parti de New-York le 14 juin dernier, a passé le feu flottant de Sandyook à 8 h. 12 m. du matin et passé le phare d'Eddystone le 20, à 1 h. 10 m. du matin, ce qui donne une durée de traversée de cinq jours onze heures et cinquante-huit minutes. Nous disions plus haut que ce temps ne constitue en aucune manière un record; cela tient à ce que la quantité d'icebergs qu'on rencontre en ce moment étant particulièrement considérable, le paquebot allemand a suivi une route plus au sud que d'habitude et a ainsi parcouru un trajet de 3 112 milles marins, alors que la route ordinaire au sud n'est que de 3 080 milles, et celle qu'on suit en automne et en hiver de 2 970. La vitesse moyenne de la traversée ressort, ainsi, à 23,58 nœuds. Le parcours effectué en vingt-quatre heures du 17 au 18 juin a été de 564 milles marins, ce qui donne une vitesse moyenne de 24,35 milles à l'heure, la plus grande qui ait jamais été réalisée par un navire de cette classe pendant vingt-quatre heures consécutives. Les plus grandes vitesses moyennes de traversées sont pour les quatre grands paquebots allemands: 23,58 pour le *Kaiser Wilhelm II*, 23,51 pour le *Deutschland*, la même pour le *Kronprinz Wilhelm* et 23 pour le *Kaiser Wilhelm der Grosse*.

On peut attribuer, en partie, les remarquables résultats obtenus sur le *Kaiser Wilhelm II* au changement des propulseurs dont la surface a été notablement augmentée, le nombre de tours réalisé a atteint 79, et la puissance totale indiquée 44 600 ch. Avant cette modification, la plus grande vitesse moyenne n'avait pas dépassée 23 nœuds, et rien ne dit qu'on ne dépassera pas encore quelque peu la vitesse moyenne indiquée plus haut.

Il est intéressant de signaler que, dans la traversée dont nous parlons, le paquebot portait 740 passagers de première classe, dont 180 pour Plymouth, autant pour Cherbourg et le reste pour Brême, plus 865 passagers d'entrepont et 920 sacs de correspondances rien

que pour l'Angleterre. Le navire portait aussi des espèces pour une valeur de 225 millions de francs.

La puissance de 45 000 ch indiqués, développée par les machines du paquebot allemand, représente les deux tiers environ de la puissance qu'on se propose de réaliser au moyen de quatre turbines à vapeur. dans les nouveaux paquebots Cunard dont nous avons parlé dans la chronique d'avril page 382. On pourrait donc résoudre le problème par l'addition d'une troisième machine, l'appareil moteur total se composant de trois machines alternatives installées dans une coque appropriée, et actionnant chacune une hélice, ce qui ne constitue pas, comme on sait, une innovation. Il serait possible de faire disparaître la différence de 3 0/0 sur les poids comparatifs signalée dans notre article d'avril par une légère augmentation de la vitesse des machines. On peut poser quelques chiffres à ce sujet.

On peut admettre que les machines alternatives d'un paquebot du genre de ceux dont nous nous occupons pesant 200 kg par cheval indiqué, ce poids se partage en 110 kg pour les chaudières et l'eau qu'elles contiennent, et 90 kg pour la machine proprement dite : si on admet que les propulseurs tournent à 80 tours par minute, on peut rechercher quelle réduction de poids entraînerait l'élévation du nombre de tours à 90 et à 100. On peut prendre sans erreur sensible, pour le rapport des poids, l'inverse de la puissance 2/3 du rapport du nombre de tours. On trouve ainsi que, pour 90 tours, le poids serait, au lieu de 90 kg, de 84 kg, et, pour 100 tours, de 78 kg. Si on ajoute à ces deux chiffres celui de 110 pour les chaudières pleines, on arrive à des totaux de 194 et 188 kg représentant des réductions de 3 et 6 0/0 sur le poids total de 200 kg par cheval indiqué. On voit qu'il suffirait de porter, toutes choses égales d'ailleurs, le nombre de tours des machines alternatives de 80 à 90, ce qui, avec des dispositions bien étudiées pour l'équilibrage et des matériaux de choix, ne paraît pas un problème irréalisable, pour ne pas dépasser le poids d'un appareil moteur d'égale puissance formé de turbines à vapeur, tournant à 130 tours par minute.

Ce qui précède, n'a d'ailleurs pour but, nous nous empressons de le déclarer, que de montrer qu'il n'est pas exact rigoureusement, comme on l'a fait quelquefois, d'avancer que le problème de la réalisation des paquebots faisant 25 nœuds, ne peut être résolu que par des appareils moteurs à turbines.

Mais, sans aller si loin, pour rester dans des limites sortant très peu des résultats déjà acquis, et sans innover en rien, ne semble-t-il pas possible de faire des paquebots ne différant que dans une faible mesure des modèles actuels, donnant des vitesses courantes de 24 nœuds, c'est-à-dire ne s'écartant guère de plus d'un demi-mille de la vitesse minima exigée par les conventions passées entre le Gouvernement anglais et la Compagnie Cunard ? La différence de durée des traversées entre l'Europe et l'Amérique tomberait ainsi à deux heures et demie, ce qui ne paraît pas être d'une importance matérielle bien considérable, et le résultat serait obtenu à bien moins de frais et sans aucun aléa. Ainsi, la vitesse à réaliser serait de 1,02 par rapport à la vitesse moyenne actuelle du *Kaiser Wilhelm II* et la puissance nécessaire de 1,06 par rapport à la

puissance actuelle, soit 47 300 ch au lieu de 44600, différence 2 700 ch représentant à 200 kg par cheval un poids de 540 tonnes de plus à loger dans une rayne déplaçant 26000 tx, c'est, en ajoutant 200 tonnes de charbon pour la consommation supplémentaire, 740 tonnes ou moins de 3 °/₀ à ajouter au déplacement actuel.

Il semble du reste oiseux, quant à présent, de discuter la question des nouveaux paquebots autour desquels règne un assez grand mystère. L'*Engineer*, du 17 juin, donne une vue représentant un de ces navires à la mer, et ajoute, qu'il ne peut donner ni dimensions, ni détails à ce sujet, attendu que la Compagnie Cunard se refuse pour le moment à fournir aucune communication relative aux dimensions de chaudières, machines, etc., de ces paquebots.

Pont sur le détroit de Canso. — On étudie, en ce moment, l'établissement d'un pont sur le détroit de Canso qui sépare l'île du Cap Breton du continent de la Nouvelle-Écosse. Ce pont doit donner passage au chemin de fer intercolonial, lequel, actuellement, est obligé de transborder ses voyageurs sur un bateau de passage à Point Tupper. On estime que la construction du pont fera gagner presque entièrement l'heure que prend la traversée du détroit en bateau, et permettra de faire des trains de nuit pour desservir Sydney.

L'ouvrage à l'étude est du type cantilever et sera le plus grand comme portée qu'il y aura au monde. Sa longueur totale entre les culées sera de 1 332,85 m; la travée principale aura 549 m d'ouverture et les travées d'ouvrage 183 m chacune. La dépense est estimée à 25 millions de francs; on emploiera 35 000 tonnes d'acier. Le tablier du pont sera à 45,75 m au-dessus du niveau des hautes mers. Les piles reposeront sur des caissons en tôle d'acier remplis de béton et descendus à une profondeur de 27 m. La hauteur d'eau au milieu de la passe principale est de 50 m environ, ce qui ôtait toute possibilité d'établir une pile intermédiaire et de faire l'ouvrage avec des portées moins considérables et, par conséquent, de réduire les dépenses de construction.

On peut se faire une idée de l'importance de ce travail en le comparant avec quelques autres ponts. Le pont du Forth a une longueur totale de 2 530 m, mais les travées principales n'ont que 518,50 m et il n'y a que 26,40 m d'eau au droit des piles. Le pont du Wabash sur le Monongahela, à Pittsburgh, est le plus grand pont du type cantilever aux États-Unis; il a 458,70 m de longueur entre les ouvrages avec une ouverture libre de 247,66 m. Le pont de Blackwell Island sur l'East River, à New-York, qui est en construction, aura 944 m de longueur entre les piles d'ouvrage et deux ouvertures libres dont une de 360,50 m. et l'autre de 299,60 m.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MAI 1904.

Rapport de M. Ed. SAUVAGE sur un nouveau **protecteur à glaces amovibles pour tubes de niveau d'eau**, de MM. G. BIBLÉ et A. DEFAUCOMPRET.

Avec les très hautes pressions aujourd'hui en usage sur les locomotives, il devient nécessaire de protéger le personnel contre les projections qui résultent des ruptures de tubes de niveau d'eau, mais il est aussi nécessaire que l'appareil protecteur ne gêne pas pour le remplacement immédiat du tube brisé.

Le système dont il s'agit se compose de deux glaces convenablement placées par rapport à la position usuelle des agents sur la machine. Ces glaces sont simplement posées dans une monture formée d'une tôle repliée et on peut les enlever avec la plus grande facilité. Les glaces ont de 10 à 19 millimètres d'épaisseur. Ce système, très simple, a déjà reçu de nombreuses applications sur des locomotives.

Rapport de M. RISLER sur l'ouvrage de M. FAURE, intitulé **le Drainage.**

Cet ouvrage met au courant de la situation actuelle du drainage un peu démodé actuellement. En Angleterre, on en est resté au système des petits drains placés suivant la plus grande pente du terrain, tandis qu'en Allemagne on est arrivé à changer la direction des drains, c'est-à-dire à placer les collecteurs suivant la plus grande pente et les petits drains en diagonale. C'est un perfectionnement important qui rendra peut-être au drainage un peu de la vogue qu'il a eue jadis.

Sur **la fabrication des trames et des réseaux** employés en photographie, par M. A. LIVACHE.

On sait que, pour reproduire en typographie un cliché photographique, il faut, pour avoir des grains, des traits ou des points nécessaires à l'encrage, déterminer sur la planche métallique sensibilisée un fin réseau se reproduisant plus ou moins suivant l'intensité de chaque teinte et, par suite, brisant la continuité de la surface. On est arrivé, après bien des tâtonnements, à se servir aujourd'hui de deux glaces portant chacune une trame formée de lignes très fines et qui, appliquées l'une sur l'autre, au moyen de baume du Canada, forment un réseau à mailles de formes diverses.

Ces trames se fabriquaient à l'étranger et la Société d'Encouragement a institué un prix pour encourager, en France, cette fabrication. La note dont nous nous occupons expose les conditions du problème et décrit les procédés employés pour le résoudre.

Travaux du Bureau et des Comités. — Nous trouvons d'abord sous cette nouvelle rubrique le compte rendu, par M. H. Le Chatelier, du meeting de l'Iron and Steel Institute qui s'est tenu à Londres, les 5 et 6 mai dernier ; ce compte rendu apprécie sommairement les diverses communications présentées.

M. Le Chatelier a entretenu le Comité des Arts chimiques de l'organisation de recherches relatives aux constituants des aciers. Une commission instituée à cet effet aura à arrêter le programme des recherches et à chercher les moyens d'arriver à leur réalisation.

Le Comité décide de mettre à l'ordre du jour de sa prochaine séance une discussion relative à l'opportunité d'entreprendre des recherches systématiques sur nos richesses coloniales et relative à l'étude des voies et moyens les plus convenables pour aboutir.

Notes de mécanique. — Nous trouvons dans ces notes une étude de M. Dugald Clark sur les moteurs à combustion interne, et la suite de la note de M. W. Geutch sur les moulins à vent ; cette partie de la note traite des roues verticales à axe dirigé normalement à la direction du vent, des roues horizontales et des turbines à vent.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *28 Mai 1904.*

Commande d'un moteur au démarrage par la marche en parallèle d'un moteur à courant alternatif, par E. Rosemberg.

Le chemin de fer métropolitain de Paris, par L. Troske *(suite)*.

Marchés, cartels et trust, par G. Gothein.

Résistance des trains de chemins de fer et résistance propre des locomotives, par von Borries.

Groupe de Francfort. — Concurrence entre la machine à vapeur et le moteur à gaz.

Revue. — Production de gaz pour chauffage ou force motrice avec le charbon bitumineux.

N° 23. — *4 Juin 1904.*

Nouvelles voitures automobiles pour voyageurs et marchandises, en France et en Angleterre, par A. Heller.

Voyage d'études aux États-Unis, par P. Möller *(suite)*.

Commande d'un moteur au démarrage par la marche en parallèle d'un moteur à courant alternatif, par E. Rosemberg *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Chauffage des maisons. — Voyage d'études en Norvège et aux installations de force hydraulique du Glommen.

Bibliographie. — Moteurs à courant continu pour chemins de fer, par M. Müller et W. Mattersdorf.

Revue. — Torpilleurs avec moteur à turbine Rateau. — Moyen de rendre apparente la fibre neutre. — Asile de convalescence pour les ouvriers à Berlitz, près Berlin.

N° 24. — *11 Juin 1904.*

École technique supérieure grand-ducale de Darmstadt, par O. Berndt.

Nouvelle station de force motrice et nouveau laboratoire de mécanique de l'École technique supérieure de Darmstadt, par M. F. Gutermuth.

Expériences sur le traitement de la tourbe, par L. C. Wolff.

Quelles considérations, basées sur le droit municipal, peuvent être invoquées pour la protection des intérêts des propriétaires riverains, au sujet de la construction et de l'exploitation des tramways ?, par W. Mende.

Expériences sur la résistance, à la chaleur, de l'alliage Durana, par R. Stribeck.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Transport électrique de force.

Groupe de Cologne. — L'acide carbonique, ses applications et sa fabrication industrielle.

Bibliographie. — Élasticité et résistance des matériaux, par L. von Tetmajer. — Contrôle du service des chaudières et production et utilisation de la chaleur, par P. Fuchs.

Revue. — Buttée à galets pour arbres d'hélices. — Distillation du bois par la vapeur surchauffée. — Conducteur électrique à grande portée entre supports.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :
A. MALLET.

BIBLIOGRAPHIE

Ire SECTION

Traité élémentaire et pratique de la résistance des matériaux et de la stabilité des constructions civiles (1), par M. ABEL DE VILLIERS DE L'ISLE-ADAM.

Cet ouvrage a pour but de mettre les premières notions de résistance des matériaux à la portée de tous ceux qui n'ont pas fait d'études spéciales.

Dans une première partie, intitulée *Résistance des matériaux*, l'auteur donne des notions sur les déformations élastiques que les corps solides peuvent avoir à subir sous l'action des forces extérieures.

Il déduit de ces notions quelques-unes des formules usuelles qu'il applique, dans une deuxième partie, désignée *Stabilité des constructions*, à l'étude des constructions les plus courantes.

C'est ainsi qu'il examine, successivement, les planchers, les combles, les poteaux et colonnes, les murs de barrage, de soutènement, les voûtes.

L'auteur a le soin de faire suivre chaque cas examiné d'une ou de plusieurs applications numériques. C'est une idée heureuse, qui rend l'ouvrage particulièrement utile aux débutants.

On peut regretter, que pour les planchers et les combles, l'auteur n'ait pas donné autant d'importance aux constructions métalliques qu'aux constructions en bois. L'emploi du bois dans les planchers est, du reste, traité d'une façon complète, et donne lieu à des remarques intéressantes.

En ce qui concerne les voûtes, l'auteur s'est efforcé de simplifier cette question assez délicate, en vue de se faire comprendre du public spécial auquel il s'adresse. Mais, en raison des simplifications introduites, les conclusions auxquelles il arrive, et les constructions qu'il présente, peuvent, parfois, être discutées.

Quoi qu'il en soit, le traité de M. Abel de Villiers de l'Isle-Adam est intéressant, pour tous ceux qui veulent avoir une idée des principes de la résistance des matériaux.

Nous ajouterons que l'ouvrage est complété par des tableaux et des renseignements pratiques que l'on consultera avec fruit.

A. BÉCARD.

(1) In-8°, 225 × 140, de 332 p. avec 61 figures. Paris, Vve Ch. Dunod, 1903. Prix broché : 8 fr. 50.

Ve SECTION

L'industrie de la soude (1), par Léon GUILLET, Docteur ès sciences, Professeur de Technologie chimique et métallurgique, au Collège Libre des Sciences sociales.

M. L. Guillet, l'auteur distingué de ce petit ouvrage, a déjà publié dans l'Encyclopédie des Aide-Mémoire sur la Chimie industrielle, deux volumes très appréciés : l'Industrie des Acides minéraux et l'Industrie des Métalloïdes. Ce troisième, traitant de la fabrication de la soude, en est pour ainsi dire la suite. Il donne, sous une forme condensée et très claire, l'état aussi complet que possible de cette grande industrie, dont les méthodes différentes et si ingénieuses de production, ont donné lieu à la création d'usines très puissantes.

L'étude de la préparation du chlorure de sodium, matière première si importante, y est faite avec détail. Les procédés célèbres, de Leblanc, ceux à l'ammoniaque qui leur sont aujourd'hui généralement préférés, enfin ceux plus récents, électrolytiques, sont suffisamment décrits et font l'objet de chapitres spéciaux.

Le relevé suivant de ces derniers fait bien ressortir la valeur de cet ouvrage.

Chapitre I. — L'industrie du chlorure de sodium au point de vue technique.

II. — L'industrie du chlorure de sodium au point de vue économique.

III. — L'industrie du carbonate de soude au point de vue technique. Considérations générales.

IV. — L'industrie du carbonate de soude au point de vue technique. Le procédé Leblanc.

V. — L'industrie du carbonate de soude au point de vue technique. Procédés à l'ammoniaque.

VI. — La fabrication du carbonate de soude au point de vue industriel. Procédés électrolytiques.

VII. — Autres procédés de fabrication du carbonate de soude.

VIII. — L'industrie des cristaux de soude et de la chaux caustique.

IX. — L'industrie du bicarbonate de soude.

X. — L'industrie du sodium et du peroxyde de sodium.

XI. — L'industrie du carbonate de soude au point de vue économique.

Le consciencieux auteur a eu soin, par des tableaux bien présentés, de donner les productions des différents pays, les importations, les ex-

(1) In-8°, 190 × 120 de 179 pages. Paris, Gauthier-Villars; Masson et Cie, 1904. Prix : broché, 2,50 f.

portations, les cours, les prix de revient, etc., complétant ainsi tous les renseignements dont on peut avoir besoin sur cette belle et grande industrie.

Nous ne pouvons mieux terminer cette bibliographie qu'en citant un paragraphe de l'introduction de ce livre.

« Si nous avons abordé, dit l'auteur, l'étude des dérivés des métaux » par la soude, c'est que ce produit attire particulièrement l'attention, » tant par son importance primordiale que par l'ingéniosité et la com- » plexité des méthodes qu'elle utilise.

» Nulle fabrication ne prouve mieux l'importance que doit avoir le » double rôle de l'industriel qui s'occupe de ces produits et qui doit en » même temps tenir du Chimiste et de l'Ingénieur. »

C'est aussi notre conclusion.

Ch. Gallois.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 1er SEMESTRE, ANNÉE 1903

(Bulletins de janvier à juin.)

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE PREMIER SEMESTRE, ANNÉE 1904

(Bulletins de janvier à juin.)

ADMISSION DE NOUVEAUX MEMBRES

BIBLIOGRAPHIE

CHIMIE INDUSTRIELLE

CHRONIQUE

Voir *Table spéciale des matières.*

COMPTES RENDUS

CONCOURS

DÉCÈS

DÉCORATIONS FRANÇAISES

Officiers de la Légion d'honneur : MM. J. Biès-Albert, Comte G. Vitali.

Chevaliers de la Légion d'honneur : MM. Z. Barbier, A. Bloch, G. Bouquillon, G. Chevalier, A. Deguy, X. Ducloux, A. de Gennes, L.-Ch. Genis. J.-F. Robert. J. Ruelle.

Officiers de l'Instruction publique : MM. G. Baignères, P. Jannettaz, M.-E.-D. Lallement, L.-E. Lémal, G.-E. Sohier, G.-L.-A. Vinant, L. Harant, C. Chomienne, F. Bourdil, Falgairolle, L. Sergent.

Officiers d'Académie : MM. P.-V. Amilhau, L.-P. Arbel, J. Bouillette, L.-A. Brousse, E.-H.-Ch. Charquillon, E.-J.-J. Cormerais, A. Ducloux, P.-A. Darracq, J.-P. Franck, H. de Grièges, H.-Ch.-E.-M. Hermann, P. Lévy-Salvador, P.-E. Liottier, J. Martinez, C.-F. Ollivier, L.-Ch. Peltier, B.-Ch. Rouhard, A.-V. Roy, G. Ulmo, E. Dubuisson, Laurain, H. Leconte, E. Krieg, J. Fleury, Rosenstock, V. Boilève, H. Chaussenot, P. Lévy.

Officier du Mérite agricole : M. E. Firminhac.

Chevaliers du Mérite agricole : MM. P. Baudouin, L.-M. Quesnel, E. Borderel, D. Adam, F.-A. Bursaux, E.-F. Baldauff.

DÉCORATIONS ÉTRANGÈRES

Commandeur de la Couronne d'Italie : M. G. Crugnola.

Officier de Léopold de Belgique : M. P. Hanrez.

Chevalier de la Couronne de chêne : M. Ph. Fougerolle.

Commandeur du Christ de Portugal : M. A. Collot.

Commandeur de l'Osmanieh : M. A. Leroux.

Officiers de l'Osmanieh : MM. E. Perroud, A. Scala.

Grands-Officiers du Medjidieh : MM. Chélu-Bey, R. Viterbo, G. Canet.

Officier du Medjidieh : M. Morizot.

Commandeurs du Nicham Iftikar : MM. Ch. Michel, J.-B. Hersent.

Officier du Nicham Iftikar : M. P. Gallotti.

Officier du Dragon d'Annam : M. F. Schiff.

Grand-Officier du Cambodge : M. L. Francq.

Chevalier du Cambodge : M. Ch. Gollier.

Chevalier du Dragon d'Annam : M. Weyl-Michel.

Plaque de l'ordre de l'Étoile de Boukarie : M. D. Levat.

(Séances des 8 et 22 janvier, 5 et 19 février, 4 mars, 1er et 15 avril, 6 et 20 mai, 3 et 17 juin. . 44, 49, 164, 169, 285, 421, 431, 620, 625, 719 et 726

DIVERS

DONS ET LEGS

ÉLECTRICITÉ

EXPOSITIONS

GÉNÉRATEURS — MACHINES A VAPEUR

HYGIÈNE

MÉCANIQUE

MÉTALLURGIE

MINES

NAVIGATION MARITIME

NÉCROLOGIE

NOMINATIONS

OUVRAGES, MÉMOIRES ET MANUSCRITS REÇUS

PHYSIQUE

PLANCHES

PRIX ET RÉCOMPENSES

TRAVAUX PUBLICS

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1904.

(Bulletins de janvier à juin.)

